



European Patent Office
80298 MUNICH
GERMANY
Tel.: +49 89 2399 - 0
Fax: +49 89 2399 - 4465

Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Holmberg, Nils Anders Patrik
Dr Ludwig Brann Patentbyra AB
P.O. Box 17192
104 62 Stockholm
SUEDE



Formalities Officer

Name:

Tel.:

Date

15.03.07

Reference P06481EP01	Application No./Patent No. 04804263.4 - 2411 / 1700438
Applicant/Proprietor TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (publ)	

Decision to grant a European patent pursuant to article 97(2) EPC

Following examination of European patent application No. 04804263.4 a European patent with the title and the supporting documents indicated in the communication pursuant to Rule 51(4) EPC dated 14.11.06 is hereby granted in respect of the designated Contracting States.

Patent No. : 1700438
Date of filing : 23.12.04
Priority claimed : 30.12.03/SEA 0303583
: 30.06.04/EPA 04015304

Designated Contracting States and Proprietor(s) : AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (publ)
126 25 Stockholm/SE

This decision will take effect on the date on which the European Patent Bulletin mentions the grant (Art. 97(4) and (5) EPC).

The mention of the grant will be published in European Patent Bulletin 07/15 of 11.04.07.

Examining Division

Mier A

Sinapius G

Giglietto M



ANMERKUNG ZUR ENTSCHEIDUNG ÜBER DIE ERTEILUNG EINES EUROPÄISCHEN PATENTS (EPA Form 2006)

1. **EPA Informationsbroschüre "Nationales Recht zum EPÜ"**
Diese Broschüre enthält nützliche Informationen zu den formalen Erfordernissen und den Handlungen, die vor den Patentbehörden der Vertragsstaaten vorzunehmen sind, um Rechte in diesen Staaten zu erlangen. Da diese Handlungen einem ständigen Wandel unterworfen sind, sollte immer nur die neueste Ausgabe der Broschüre benutzt werden. Nachträgliche Informationen werden im Amtsblatt veröffentlicht.
2. **Übersetzung der europäischen Patentschrift nach Artikel 65(1) des Europäischen Patentüber-einkommens**
Sie werden erneut darauf hingewiesen, dass bestimmte Vertragsstaaten nach Artikel 65(1) EPÜ eine Übersetzung der europäischen Patentschrift verlangen; hierauf wird in der Mitteilung gemäss Regel 51(6) verwiesen. Die Nichteinreichung dieser Übersetzung kann zur Folge haben, dass das Patent in dem betreffenden Staat/in den betreffenden Staaten als von Anfang an nicht eingetreten gilt. Weitere Einzelheiten entnehmen Sie bitte der oben genannten Broschüre.
3. **Zahlung von Jahresgebühren für europäische Patente**
Nach Artikel 141 EPU können "nationale" Jahresgebühren für das europäische Patent für die Jahre erhoben werden, die an das Jahr anschliessen, in dem der Hinweis auf die Erteilung des europäischen Patents im "Europäischen Patentblatt" bekanntgemacht wird. Weitere Einzelheiten entnehmen Sie bitte der oben genannten Broschüre.

NOTE RELATING TO THE DECISION TO GRANT A EUROPEAN PATENT (EPO Form 2006)

1. **EPO Information Brochure "National law relating to the EPC".**
This brochure provides useful information regarding formal requirements and the steps to be taken before the patent authorities of the Contracting States in order to acquire rights in those states. Since the necessary steps are subject to change the latest edition of the brochure should always be used. Subsequent information is published in the Official Journal.
2. **Translation of the European patent specification under Article 65(1) of the European Patent Convention**
Your attention is again drawn to the requirements regarding translation of the European patent specification laid down by a number of Contracting States under Article 65(1) EPC, to which reference is made in the communication under Rule 51(6). Failure to supply such translation(s) may result in the patent being deemed to be void "ab initio" in the State(s) in question. For further details you are recommended to consult the above-mentioned brochure.
3. **Payment of renewal fees for European patents**
Under Article 141 EPC "national" renewal fees in respect of a European patent may be imposed for the years which follow that in which the mention of the grant of the European patent is published in the "European Patent Bulletin". For further details you are recommended to consult the above-mentioned brochure.

REMARQUE RELATIVE A LA DECISION DE DELIVRANCE D'UN BREVET EUROPEEN (OEB Form 2006)

1. **Brochure d'information de l'OEB "Droit national relatif à la CBE"**
Cette brochure fournit d'utiles renseignements sur les conditions de forme requises et sur les actes à accomplir auprès des offices de brevet des Etats contractants aux fins d'obtenir des droits dans les Etats contractants. Etant donné que les actes indispensables sont susceptibles de modifications, il serait bon de toujours consulter la dernière édition de la brochure. Toute information ultérieure est publiée au Journal Officiel.
2. **Traduction du fascicule du brevet européen en vertu de l'article 65(1) de la Convention sur le brevet européen**
Votre attention est de nouveau attirée sur l'obligation faite par certains Etats contractants, en vertu de l'article 65(1) CBE, de fournir une traduction du fascicule du brevet européen, à laquelle il est fait référence dans la notification établie conformément à la règle 51(6). Si la(les) traduction(s) n'est(ne sont) pas fournie(s), le brevet européen peut, dès l'origine, être réputé sans effet dans cet(ces) Etat(s). Pour plus de détails, nous vous renvoyons à la brochure susmentionnée.
3. **Paiement des taxes annuelles pour le brevet européen**
Conformément à l'article 141 CBE, les taxes annuelles "nationales" dues au titre du brevet européen peuvent être perçues pour les années suivant celle au cours de laquelle la mention de la délivrance du brevet européen est publiée au "Bulletin européen des brevets". Pour plus de détails, nous vous renvoyons à la brochure susmentionnée.

European Patent Office
D-80298 München
Tyskland

EPO - Munich
73
01. März 2007



Via telefax 004989 2399 4465
Confirmation by mail

**CONFIRMATION
COPY OF TELEFAX**

Uppsala, February 26, 2007

Our ref: P6481EP01/CD/Co

European Patent Application No. 04804263.4
Applicant: Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ.)

With reference to the Communication under Rule 51(4) EPC, dated November 14, 2006, we
are sending you enclosed translations of the claims in German and French.

We are also transmitting Form 1010 (by facsimile only) covering the fee for grant, including
the fee for printing, of EUR 761.

Yours sincerely,
DR LUDWIG BRANN PATENTBYRÅ AB



Lennart Sörby

Please confirm safe receipt of this letter by returning the enclosed
Acknowledgement of Receipt

Patentansprüche

1. Verfahren des Kalibrierens eines sendenden Teils eines Knotens in einem drahtlosen Kommunikationsnetzwerk, wobei das Kommunikationsnetzwerk zumindest einen ersten Funkknoten und einen zweiten Funkknoten umfasst, die angeordnet werden können, mit jedem anderen in Funkkommunikation zu sein und wobei zumindest ein Funkknoten Funksignale von vielfachen Antennen empfängt, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:
 - Senden (605, 705) erster Pilot-Signale sowohl von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten als auch von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten;
 - Bestimmen (610, 710) in dem zweiten Funkknoten einer ersten Schätzung der Kanal-Charakteristiken von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten und Bestimmen in dem ersten Funkknoten einer zweiten Schätzung der Kanal-Charakteristiken von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten, wobei das Bestimmen auf den jeweiligen empfangenen ersten Pilotsignalen basiert;
 - Berechnen zumindest eines Kanal-Korrekturfaktors in dem ersten Funkknoten, basierend auf den ersten und zweiten Kanal-Schätzungenwobei das Kalibrierungsverfahren durch die Schritte gekennzeichnet ist:
 - Senden (611, 711-712) eines modifizierten zweiten Pilot-Signals von dem ersten Funkknoten zu dem

zweiten Funkknoten, wobei die Modifikation auf der zweiten Kanalschätzung basiert;

- Schätzen (612, 613) von Sendefehlern in dem zweiten Funkknoten, wobei die Schätzung auf der ersten Kanal-Schätzung und dem empfangenen zweiten Pilot-Signal basiert und Berechnen eines Korrekturvektors mit Korrekturtermen für jede der vielfachen Antennen basierend auf den Sendefehlern;
- Austauschen (615, 715) des Korrekturvektors von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten; und

darin, dass der Schritt eines Berechnens von Korrekturfaktoren (620, 720) ein Berechnen eines Korrekturfaktors für jede Antenne umfasst, wobei die Korrekturfaktoren zumindest teilweise auf den jeweiligen Korrekturtermen in dem Korrekturvektor basieren, wobei die Korrekturfaktoren zur Verwendung bei Übertragungen von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten angepasst sind.

2. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 1, wobei das Kalibrierungsverfahren in vorbestimmten Zeitintervallen initiiert wird.
3. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 1, wobei das Kalibrierungsverfahren als eine Antwort eines Maßes an Kommunikationsqualität initiiert wird, die unter einer vorbestimmten Schwellwert liegt.
4. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Modifikation des zweiten Pilot-Signals eine Multiplikation eines Pilot-Signals mit dem Komplex-Konjugierten der zweiten Kanal-Schätzung umfasst.

5. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Korrekturvektor in Form einer kompakten Darstellung des Korrekturvektors ausgetauscht wird.

6. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der erste Funkknoten (A) mit n_A Antennen bereitgestellt ist und der zweite Funkknoten (B) mit n_B Antennen bereitgestellt ist und wobei zumindest der erste Funkknoten zumindest zwei Antennen aufweist, wobei

- bei dem ersten sendenden Schritt (605) die ersten Pilotsignale P_c Spaltenvektoren sind;
- bei dem bestimmenden Schritt (610) eine erste Schätzung $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ der Kanal-Charakteristiken von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten in dem zweiten Funkknoten berechnet wird und eine zweite Kanalschätzung $\hat{H}_{B \rightarrow A}^*$ der Kanal-Charakteristiken von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten in dem ersten Funkknoten berechnet wird;
- bei dem zweiten sendenden Schritt (611) der zweite Pilot P_s vor-multipliziert wird, gemäß zu:

$$P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot 1_{n_B}$$

das an dem zweiten Funkknoten als R_s empfangen wird und wobei $H_{B \rightarrow A}^*$ das Komplex-Konjugierte der zweiten Kanalschätzung ist, P_s eine $n_A \times n_A$ Diagonalmatrix ist, die n_A einzelne Pilot-Signale enthält und 1_{n_B} ein Einheitsspaltenvektor der Dimension n_B ist; und

- bei dem schätzenden Schritt (612) der Korrekturvektor basierend R_s und $H_{A \rightarrow B}$ berechnet wird und Fehlerkorrekturterme für jeden der Antennen des ersten Funkknotens umfasst, und

- in dem Berechnungsschritt (620) Kanal-Korrekturfaktoren für jede Antenne basierend auf dem Korrekturvektor berechnet werden.

- 7. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der erste Funkknoten (A) mit n_A Antennen bereitgestellt ist und der zweite Funkknoten (B) mit n_B Antennen bereitgestellt ist und wobei zumindest der erste Funkknoten zumindest zwei Antennen aufweist, wobei die Funkkommunikation auf Einzelwert-Zerlegung (SVD - Singular Value Decomposition) basiert und
 - bei dem ersten sendenden Schritt (705) des ersten Pilot-Signals P_C Spaltenvektoren vorliegen
 - bei dem bestimmenden Schritt (610) eine erste Schätzung $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ der Kanal-Charakteristiken von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten in dem zweiten Funkknoten berechnet wird, und eine zweite Kanalschätzung $\hat{H}_{B \rightarrow A}^*$ der Kanal-Charakteristiken von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten in dem ersten Funkknoten berechnet wird;
 - bei dem zweiten sendenden Schritt (611) der zweite Pilot P_D mit einem Vor-Filter $H_{B \rightarrow A}^*$ vor-multipliziert wird, der das Komplex-Konjugierte der zweiten Kanalschätzung ist, das an dem zweiten Funkknoten empfangen wird als

$$R_S = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot P_D;$$

- bei dem schätzenden Schritt (713) Korrekturvektoren in dem zweiten Knoten berechnet werden und auf $H_{B \rightarrow A}^*$ und $H_{A \rightarrow B}$ basien, wobei $H_{A \rightarrow B}$ aus dem ersten Pilot-Signal geschätzt wird und $H_{B \rightarrow A}^*$ aus R_S geschätzt wird, und

- bei dem Berechnungsschritt (720) Kanal-Korrekturfaktoren für jede Antenne basierend auf dem Korrekturvektor berechnet werden.
8. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Korrekturvektor eine Darstellung von entweder Verzögerungsfehlern, Phasenfehlern oder Amplitudenfehlern oder eine Kombination von diesen Fehlern umfasst.
 9. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein erster Teil des Schritts des Sendens von Kanalschätzsymbolen in einem ersten Sendezeitschlitz TX_1 durchgeführt wird, wobei der zweite Funkknoten einen Pilot P_c sendet, der von dem ersten Funkknoten empfangen wird, der in einem Empfangsmodus ist; und
ein zweiter Teil des Schritts des Sendens von Kanalschätzsymbolen in einem zweiten Sendezeitschlitz TX_2 durchgeführt wird, wobei der erste Funkknoten einen Pilot P_c , P_d oder P_s sendet, der von dem zweiten Funkknoten empfangen wird, der in einem Empfangsmodus ist.
 10. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 9, wobei der Schritt des Austauschens von Information zwischen den Funkknoten in einem dritten Sendezeitschlitz TX_3 durchgeführt wird, wobei der zweite Funkknoten in einem regulären Sendemodus ist und Information auf dem Funkkanal zu dem ersten Funkknoten sendet, der in einem Empfangsmodus ist.
 11. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 10, wobei der erste Funkknoten den Funkkanal aus dem zweiten Funkkanal zu dem ersten Funkknoten $H_{B \rightarrow A}$ in dem ersten Sendezeitschlitz TX_1 schätzt.

12. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei der zweite Funkknoten den Funkkanal aus dem ersten Funkkanal zu dem zweiten Knoten $H_{A \rightarrow B}$ in dem zweiten Sendezeitschlitz TX_2 schätzt.
13. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 12, wobei der zweite Funkknoten weiter einen Korrekturvektor oder einen Korrekturterm in dem zweiten Übertragungszeitschlitz TX_2 schätzt.
14. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei der Schritt des Berechnens eines Korrekturfaktors oder -faktoren in dem ersten Funkknoten in dem dritten Zeitschlitz TX_3 durchgeführt wird.
15. Kommunikationssystem (800) zur drahtlosen Kommunikation, wobei das System zumindest einen ersten Funkknoten und einen zweiten Funkknoten umfasst, die angeordnet werden können, in Funkkommunikation mit jedem anderen zu sein, wobei das Kommunikationssystem dadurch gekennzeichnet ist, dass der zumindest eine Funkknoten mit der Hilfe des zweiten Funkknotens durch Verwenden des Kalibrierungsverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 kalibriert wird.
16. Kommunikationssystem nach Anspruch 15, wobei der zumindest eine der Funkknoten des Systems eine Multiantennen-Konfiguration als angepasst für MIMO-basierte Kommunikation verwendet.
17. Funkkoten, angepasst zur drahtlosen Kommunikation in einem drahtlosen Netzwerk, wobei das Netzwerk zumindest einen weiteren Funkknoten umfasst, wobei der Funkknoten umfasst:

- ein austauschendes Modul (232), das angepasst zum Empfangen zumindest einer ersten Funkkanalschätzung von dem zumindest weiteren Funkknoten ist;
- ein Kanal schätzendes Modul (224), das angepasst zum Herstellen einer zweiten Funkkanalschätzung aus einem Funksignal ist, das von dem Funkknoten empfangen wurde;
- ein berechnendes Modul (226), das angepasst zum Berechnen eines Korrekturvektors/-terms oder einer Darstellung einer Funkkanalschätzung basierend auf der empfangenen ersten Funkkanalschätzung und der zweiten Funkkanalschätzung ist; und
- ein kompensierendes Modul (234) zum Kompensieren von Funkübertragungen von dem Funkknoten mit zumindest einem Korrekturfaktor, der zumindest teilweise auf der berechneten Kalibrierung basiert,

und das gekennzeichnet ist, durch

- ein Pilot sendendes Modul (228), das angepasst zum Steuern der Übertragung eines ersten Pilot-Signals und eines zweiten Pilotsignals ist, wobei das zweite Pilotsignal mit der zweiten Funkkanalschätzung modifiziert wird.
18. Funkknoten nach Anspruch 17, wobei der Funkknoten weiter Vorrichtungen zum initiieren eines Kalibrierungsprozesses umfasst, wobei die initiierenden Vorrichtungen angepasst sind, den Kalibrierungsprozess in vorbestimmten Zeitintervallen durchzuführen
19. Funkknoten nach Anspruch 17, wobei der Funkknoten weiter zum Initiieren eines Kalibrierungsprozesses umfasst, wobei die initiierenden Vorrichtungen angepasst sind,

den Kalibrierungsprozess als eine Antwort eines Maßes der Kommunikationsqualität zu initiieren, die unter einem vorbestimmten Schwellwert liegt.

20. Funkknoten nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei der Funkknoten eine Multiantennen-Konfiguration verwendet.
21. Funkknoten nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei der Funkknoten eine mobile Station (815) ist.
22. Funkknoten nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei der Funkknoten eine Funkbasisstation (805) ist.
23. Funkknoten nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei der Funkknoten eine Vermittlungsstation ist.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'étalonnage d'une partie d'émission d'un nœud dans un réseau de communication sans fil, ce réseau de communication comprenant au moins un premier nœud radio et un deuxième nœud radio qui peuvent être agencés de façon à être en radiocommunication l'un avec l'autre, et dans lequel au moins un nœud radio reçoit des signaux radio provenant de multiples antennes, ce procédé d'étalonnage comprenant les étapes suivantes :
 - 10 - émettre (605, 705) des premiers signaux pilotes à la fois à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio et à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio;
 - 15 - déterminer (610, 710) dans le deuxième nœud radio une première estimation des caractéristiques de canal à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio, et dans le premier nœud radio déterminer une deuxième estimation des caractéristiques de canal à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio, cette 20 détermination étant basée sur des premiers signaux pilotes reçus respectifs;
 - 25 - calculer au moins un facteur de correction de canal dans le premier nœud radio sur la base des première et deuxième estimations de canal,
- 25 le procédé d'étalonnage étant **caractérisé par** les étapes suivantes :
 - 30 - émettre (611, 711, 712) un deuxième signal pilote modifié, à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio, la modification étant basée sur la deuxième estimation de canal,
 - 35 - estimer des erreurs de transmission (612, 713) dans le deuxième nœud radio, cette estimation étant basée sur la première estimation de canal et le deuxième signal pilote reçu, et calculer un vecteur de correction avec des termes de correction pour chacune des multiples antennes, sur la base des erreurs de transmission;

- échanger (615, 715) le vecteur de correction à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio; et

en ce que l'étape de calcul de facteurs de correction (620, 720) comprend le calcul d'un facteur de correction pour chaque antenne, les facteurs de correction étant basés au moins partiellement sur les termes de correction respectifs dans le vecteur de correction, lesdits facteurs de correction étant adaptés pour l'utilisation dans des émissions à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio.

2. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, dans lequel le procédé d'étalonnage est lancé à des intervalles de temps prédéterminés.

3. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, dans lequel le procédé d'étalonnage est lancé en tant que réponse au fait qu'une mesure de qualité de communication est inférieure à une valeur de seuil prédéterminée.

4. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la modification du deuxième signal pilote comprend une multiplication d'un signal pilote par le conjugué complexe de la deuxième estimation de canal.

5. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le vecteur de correction est échangé sous la forme d'une représentation compacte du vecteur de correction.

6. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le premier nœud radio (A) est équipé de n_A antennes et le deuxième nœud radio (B) est équipé de n_B antennes, et dans lequel au moins le premier nœud radio a au moins deux antennes, dans lequel :

- dans la première étape d'émission (605) les premiers signaux pilotes, P_c , sont des vecteurs colonne;

35 - dans l'étape de détermination (610) une première estimation $\hat{H}_{A,B}$ des caractéristiques de canal à partir du

premier nœud radio vers le deuxième nœud radio est calculée dans le deuxième nœud radio, et une deuxième estimation de canal $\hat{H}_{B,A}$ des caractéristiques de canal à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio est calculée
5 dans le premier nœud radio;

- dans la deuxième étape d'émission (611) le deuxième pilote, P_s , est pré-multiplié conformément à :

$$P_s \cdot H_{B,A}^* \cdot 1_{n_B}$$

ce qui sera reçu comme R_s au deuxième nœud radio, et dans
10 cette expression $H_{B,A}^*$ est le conjugué complexe de la deuxième estimation de canal, P_s est une matrice diagonale de $n_A \times n_A$ contenant n_A signaux pilotes individuels, et 1_{n_B} est un vecteur colonne ne contenant que des 1, de dimension n_B ;

15 - dans l'étape d'estimation (612), le vecteur de correction est calculé sur la base de R_s et $H_{A,B}$, et comprend des termes de correction d'erreur pour chacune des antennes du premier nœud radio; et

20 - dans l'étape de calcul (620) des facteurs de correction de canal pour chaque antenne sont calculés sur la base du vecteur de correction.

7. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendication 1 à 5, dans lequel le premier nœud radio (A) est équipé de n_A antennes et le deuxième nœud radio (B) est
25 équipé de n_B antennes, et dans lequel au moins le premier nœud radio a au moins deux antennes, dans lequel la radiocommunication est basée sur une Décomposition en Valeurs Singulières (SVD pour "Singular Value Decomposition"), et

30 - dans la première étape d'émission (705) les premiers signaux pilotes, P_c , sont des vecteurs colonne;

- dans l'étape de détermination (610), une première estimation, $\hat{H}_{A,B}$, des caractéristiques de canal à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio est calculée
35 dans le deuxième nœud radio, et une deuxième estimation de

canal $\hat{H}_{B,A}$ des caractéristiques de canal à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio est calculée dans le premier nœud radio;

- dans la deuxième étape d'émission (611) le deuxième pilote, P_d , est pré-multiplié par un pré-filtre, $H_{B,A}^*$, qui est le conjugué complexe de la deuxième estimation de canal, ce qui sera reçu au deuxième nœud radio sous la forme

$$R_s = H_{A,B} \cdot H_{B,A}^* \cdot P_d;$$

- dans l'étape d'estimation (713) le vecteur de correction est calculé dans le deuxième nœud et basé sur $H_{B,A}^*$ et $H_{A,B}$, avec $H_{A,B}$ estimé à partir du premier signal pilote et $H_{B,A}^*$ estimé à partir de R_s ; et

- dans l'étape de calcul (720), des facteurs de correction de canal pour chaque antenne sont calculés sur la base du vecteur de correction.

8. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le vecteur de correction comprend une représentation d'erreurs de retard, d'erreurs de phase ou d'erreurs d'amplitude, ou une combinaison de ces erreurs.

9. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel une première partie de l'étape d'émission de symboles d'estimation de canal est effectuée dans un premier créneau temporel d'émission TX_1 , dans lequel le deuxième nœud radio émet un pilote, P_c , qui est reçu par le premier nœud radio, qui est dans un mode de réception; et

une deuxième partie de l'étape d'émission de symboles d'estimation de canal est effectuée dans un deuxième créneau temporel d'émission TX_2 , dans lequel le premier nœud radio émet un pilote, P_c , P_d ou P_s qui est reçu par le deuxième nœud radio, qui est dans un mode de réception.

10. Procédé d'étalonnage selon la revendication 9, dans lequel l'étape d'échange d'information entre nœuds radio est effectuée dans un troisième créneau temporel d'émission TX_3 , dans lequel le deuxième nœud radio est en mode d'émission normal et émet de l'information sur le canal radio vers le premier nœud radio, qui est en mode de réception.

11. Procédé d'étalonnage selon la revendication 10, dans lequel le premier nœud radio estime le canal radio allant du deuxième canal radio vers le premier nœud radio, $H_{B,A}$, dans le premier créneau temporel d'émission TX_1 .

12. Procédé d'étalonnage selon la revendication 10 ou 11, dans lequel le deuxième nœud radio estime le canal radio allant du premier canal radio vers le deuxième nœud radio, $H_{A,B}$, dans le deuxième créneau temporel d'émission TX_2 .

13. Procédé d'étalonnage selon la revendication 12, dans lequel le deuxième nœud radio estime en outre un vecteur de correction ou un terme de correction dans le deuxième créneau temporel d'émission TX_2 .

14. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, dans lequel l'étape de calcul d'un facteur ou de facteurs de correction dans le premier nœud radio est effectuée dans le troisième créneau temporel d'émission TX_3 .

15. Système de communication (800) pour la communication sans fil, le système comprenant au moins un premier nœud radio et un deuxième nœud radio qui peuvent être agencés pour être en radiocommunication l'un avec l'autre, ce système de communication étant caractérisé en ce que l'au moins un premier nœud radio est étalonné avec l'aide du deuxième nœud radio, par l'utilisation du procédé d'étalonnage conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 14.

16. Système de communication selon la revendication 15, dans lequel l'au moins un des nœuds radio du système

utilise une configuration multi-antenne adaptée pour la communication basée sur la technique d'entrées multiples et sorties multiples ou MIMO.

17. Nœud radio adapté pour la communication sans fil dans un réseau sans fil (800), ce réseau comprenant au moins un nœud radio supplémentaire, le nœud radio comprenant :

- un module d'échange (232) adapté pour recevoir au moins une première estimation de canal radio provenant au moins du premier nœud supplémentaire;

- un module d'estimation de canal (224) adapté pour produire une deuxième estimation de canal radio à partir d'un signal radio reçu par le nœud radio;

- un module de calcul (226) adapté pour calculer un vecteur / terme de correction ou une représentation d'estimations de canal radio basée sur la première estimation de canal radio reçue et la deuxième estimation de canal radio; et

- un module de compensation (234) pour compenser des émissions radio provenant du nœud radio avec au moins un facteur de correction qui est au moins partiellement basé sur l'étalonnage calculé,
et étant caractérisé par :

- un module d'émission de pilote (228) adapté pour commander l'émission d'un premier signal pilote et d'un deuxième signal pilote, le deuxième signal pilote étant modifié avec la deuxième estimation de canal radio.

18. Nœud radio selon la revendication 17, dans lequel le nœud radio comprend en outre un moyen pour lancer un processus d'étalonnage, ce moyen de lancement étant adapté pour lancer le processus d'étalonnage à des intervalles de temps prédéterminés.

19. Nœud radio selon la revendication 17, dans lequel le nœud radio comprend en outre un moyen pour lancer un processus d'étalonnage, ce moyen de lancement étant adapté pour lancer le processus d'étalonnage comme réponse

au fait qu'une mesure de qualité de communication est inférieure à une valeur de seuil prédéterminée.

20. Nœud radio selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, dans lequel le nœud radio utilise 5 une configuration multi-antenne.

21. Nœud radio selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, dans lequel le nœud radio est une station mobile (815).

22. Nœud radio selon l'une quelconque des 10 revendications 17 à 20, dans lequel le nœud radio est une station de base radio (805).

23. Nœud radio selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, dans lequel le nœud radio est une station relais (810).

European Patent Office
D-80298 München
Tyskland



Via telefax 004989 2399 4465
Confirmation by mail

Uppsala, February 26, 2007

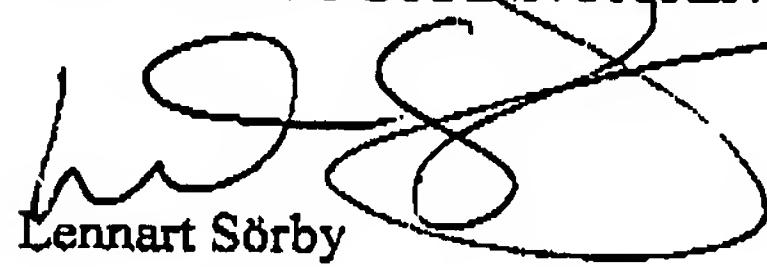
Our ref: P6481EP01/CD/Co

European Patent Application No. 04804263.4
Applicant: Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ.)

With reference to the Communication under Rule 51(4) EPC, dated November 14, 2006, we are sending you enclosed translations of the claims in German and French.

We are also transmitting Form 1010 (by facsimile only) covering the fee for grant, including the fee for printing, of EUR 761.

Yours sincerely,
DR LUDWIG BRANN PATENTBYRÅ AB


Lennart Sörby

Please confirm safe receipt of this letter by returning the enclosed
Acknowledgement of Receipt

DR LUDWIG BRANN PATENTBYRÅ AB. Intellectual Property & Law Firm.
Stockholm Office: Box 171 92, SE-104 62 Stockholm, Sweden. Visiting address: Västgötagatan 2, Tel: +46 (0)8 429 10 00. Fax: +46 (0)8 429 10 70 (Patents). Fax: +46 (0)8 429 10 80 (Trade Marks). E-mail: brann@brann.se
Uppsala Office: Box 1344, SE-751 43 Uppsala, Sweden. Visiting address: Drottninggatan 7. Tel: +46 (0)18 56 89 00. Fax: +46 (0)18 56 89 39
Gävle Office: Box 975, SE-801 33 Gävle, Sweden. Visiting address: Teknikparken, Nobelvägen 2. Tel: +46 (0)26 18 63 20. Fax: +46 (0)26 18 36 04



ONLY BY FAX

Zur Kasse

D - 80295 MÜNCHEN

Payment of fees and costs

Please complete using a typewriter or a word processor

Name of payer		
Lennart Sörby		
DR LUDWIG BRANN PATENTBYRÅ AB		
Address		
Box 1344, SE-751 43 Uppsala		

Payer's reference		
P06481EP01		
Mode of payment		
<input type="checkbox"/> Bank/Giro transfer	<input checked="" type="radio"/>	Bank/Giro Office
<input type="checkbox"/> Enclosed Cheque No.		
<input checked="" type="checkbox"/> Debit from deposit account with the EPO is requested	<input checked="" type="radio"/>	Deposit account No. 28100039

Purpose of payment Patent application / Patent No. (A separate form is required for each application)

EP **04804263.4**

PCT

Explanations:

- (1) Payment must be made without charge to the payee. For European Patent Organisation accounts and corresponding currencies of payment see overleaf.
- (2) Debits from deposit accounts with the European Patent Office may only be made in DEM.
- (3) Payments must be made in the currency of the State in which the EPO account in question is held. Please use the abbreviations for currencies of payment shown overleaf.
- (4) Contracting States should only be specified if they differ from those designated in box 33 of EPO Form 1011 (Request for Grant) or in box V of PCT Form RO/101.
- (5) When extension fees are paid, the States for which they are intended must be specified.

Code	Currency ③	Amount
001	EUR	
002	EUR	
005	EUR	
015	EUR	
055	EUR	
006	EUR	
007	EUR	750,00
008	EUR	11,00
033	EUR	
034	EUR	
036	EUR	
Extension fee(s) for ④ : _____	EUR	
_____	EUR	
_____	EUR	
_____	EUR	
_____	EUR	
_____	EUR	
_____	EUR	
_____	EUR	
Total	EUR	761,00

Signature

EPO Form 1010 07/96

Place, Date Uppsala, Sweden 2007-02-26

EP 04 804 263.4

119 869 s1

Patentansprüche

1. Verfahren des Kalibrierens eines sendenden Teils eines Knotens in einem drahtlosen Kommunikationsnetzwerk, wobei das Kommunikationsnetzwerk zumindest einen ersten Funkknoten und einen zweiten Funkknoten umfasst, die angeordnet werden können, mit jedem anderen in Funkkommunikation zu sein und wobei zumindest ein Funkknoten Funksignale von vielfachen Antennen empfängt, wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

- Senden (605, 705) erster Pilot-Signale sowohl von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten als auch von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten;
- Bestimmen (610, 710) in dem zweiten Funkknoten einer ersten Schätzung der Kanal-Charakteristiken von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten und Bestimmen in dem ersten Funkknoten einer zweiten Schätzung der Kanal-Charakteristiken von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten, wobei das Bestimmen auf den jeweiligen empfangenen ersten Piloten signalen basiert;
- Berechnen zumindest eines Kanal-Korrekturfaktors in dem ersten Funkknoten, basierend auf den ersten und zweiten Kanal-Schätzungen

wobei das Kalibrierungsverfahren durch die Schritte gekennzeichnet ist:

- Senden (611, 711-712) eines modifizierten zweiten Pilot-Signals von dem ersten Funkknoten zu dem

zweiten Funkknoten, wobei die Modifikation auf der zweiten Kanalschätzung basiert;

- Schätzen (612, 613) von Sendefehlern in dem zweiten Funkknoten, wobei die Schätzung auf der ersten Kanal-Schätzung und dem empfangenen zweiten Pilot-Signal basiert und Berechnen eines Korrekturvektors mit Korrekturtermen für jede der vielfachen Antennen basierend auf den Sendefehlern;
- Austauschen (615, 715) des Korrekturvektors von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten; und

darin, dass der Schritt eines Berechnens von Korrekturfaktoren (620, 720) ein Berechnen eines Korrekturfaktors für jede Antenne umfasst, wobei die Korrekturfaktoren zumindest teilweise auf den jeweiligen Korrekturtermen in dem Korrekturvektor basieren, wobei die Korrekturfaktoren zur Verwendung bei Übertragungen von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten angepasst sind.

2. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 1, wobei das Kalibrierungsverfahren in vorbestimmten Zeitintervallen initiiert wird.
3. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 1, wobei das Kalibrierungsverfahren als eine Antwort eines Maßes an Kommunikationsqualität initiiert wird, die unter einer vorbestimmten Schwellwert liegt.
4. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Modifikation des zweiten Pilot-Signals eine Multiplikation eines Pilot-Signals mit dem Komplex-Konjugierten der zweiten Kanal-Schätzung umfasst.

5. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Korrekturvektor in Form einer kompakten Darstellung des Korrekturvektors ausgetauscht wird.
6. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der erste Funkknoten (A) mit n_A Antennen bereitgestellt ist und der zweite Funkknoten (B) mit n_B Antennen bereitgestellt ist und wobei zumindest der erste Funkknoten zumindest zwei Antennen aufweist, wobei
 - bei dem ersten sendenden Schritt (605) die ersten Pilotsignale P_c Spaltenvektoren sind;
 - bei dem bestimmenden Schritt (610) eine erste Schätzung $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ der Kanal-Charakteristiken von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten in dem zweiten Funkknoten berechnet wird und eine zweite Kanalschätzung $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ der Kanal-Charakteristiken von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten in dem ersten Funkknoten berechnet wird;
 - bei dem zweiten sendenden Schritt (611) der zweite Pilot P_s vor-multipliziert wird, gemäß zu:

$$P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot 1_{n_A}$$

das an dem zweiten Funkknoten als R_s empfangen wird und wobei $H_{B \rightarrow A}^*$ das Komplex-Konjugierte der zweiten Kanalschätzung ist, P_s eine $n_A \times n_A$ Diagonalmatrix ist, die n_A einzelne Pilot-Signale enthält und 1_{n_A} ein Einheitsspaltenvektor der Dimension n_A ist; und

- bei dem schätzenden Schritt (612) der Korrekturvektor basierend R_s und $H_{A \rightarrow B}$ berechnet wird und Fehlerkorrekturterme für jeden der Antennen des ersten Funkknotens umfasst, und

- in dem Berechnungsschritt (620) Kanal-Korrekturfaktoren für jede Antenne basierend auf dem Korrekturvektor berechnet werden.

- 7. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der erste Funkknoten (A) mit n_A Antennen bereitgestellt ist und der zweite Funkknoten (B) mit n_B Antennen bereitgestellt ist und wobei zumindest der erste Funkknoten zumindest zwei Antennen aufweist, wobei die Funkkommunikation auf Einzelwert-Zerlegung (SVD - Singular Value Decomposition) basiert und
 - bei dem ersten sendenden Schritt (705) des ersten Pilot-Signals P_C Spaltenvektoren vorliegen
 - bei dem bestimmenden Schritt (610) eine erste Schätzung $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ der Kanal-Charakteristiken von dem ersten Funkknoten zu dem zweiten Funkknoten in dem zweiten Funkknoten berechnet wird, und eine zweite Kanalschätzung $\hat{H}_{B \rightarrow A}^*$ der Kanal-Charakteristiken von dem zweiten Funkknoten zu dem ersten Funkknoten in dem ersten Funkknoten berechnet wird;
 - bei dem zweiten sendenden Schritt (611) der zweite Pilot P_D mit einem Vor-Filter $H_{B \rightarrow A}^*$ vor-multipliziert wird, der das Komplex-Konjugierte der zweiten Kanalschätzung ist, das an dem zweiten Funkknoten empfangen wird als

$$R_s = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot P_D;$$
 - bei dem schätzenden Schritt (713) Korrekturvektoren in dem zweiten Knoten berechnet werden und auf $H_{B \rightarrow A}^*$ und $H_{A \rightarrow B}$ basien, wobei $H_{A \rightarrow B}$ aus dem ersten Pilot-Signal geschätzt wird und $H_{B \rightarrow A}^*$ aus R_s geschätzt wird, und

- bei dem Berechnungsschritt (720) Kanal-Korrekturfaktoren für jede Antenne basierend auf dem Korrekturvektor berechnet werden.
8. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Korrekturvektor eine Darstellung von entweder Verzögerungsfehlern, Phasenfehlern oder Amplitudenfehlern oder eine Kombination von diesen Fehlern umfasst.
 9. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei ein erster Teil des Schritts des Sendens von Kanalschätzsymbolen in einem ersten Sendezeitschlitz TX_1 durchgeführt wird, wobei der zweite Funkknoten einen Pilot P_c sendet, der von dem ersten Funkknoten empfangen wird, der in einem Empfangsmodus ist; und
ein zweiter Teil des Schritts des Sendens von Kanalschätzsymbolen in einem zweiten Sendezeitschlitz TX_2 durchgeführt wird, wobei der erste Funkknoten einen Pilot P_c , P_p oder P_s sendet, der von dem zweiten Funkknoten empfangen wird, der in einem Empfangsmodus ist.
 10. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 9, wobei der Schritt des Austauschens von Information zwischen den Funkknoten in einem dritten Sendezeitschlitz TX_3 durchgeführt wird, wobei der zweite Funkknoten in einem regulären Sendemodus ist und Information auf dem Funkkanal zu dem ersten Funkknoten sendet, der in einem Empfangsmodus ist.
 11. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 10, wobei der erste Funkknoten den Funkkanal aus dem zweiten Funkkanal zu dem ersten Funkknoten $H_{2 \rightarrow 1}$ in dem ersten Sendezeitschlitz TX_1 schätzt.

12. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei der zweite Funkknoten den Funkkanal aus dem ersten Funkkanal zu dem zweiten Knoten $H_{A \rightarrow B}$ in dem zweiten Sendezeitschlitz TX_2 schätzt.
13. Kalibrierungsverfahren nach Anspruch 12, wobei der zweite Funkknoten weiter einen Korrekturvektor oder einen Korrekturterm in dem zweiten Übertragungszeitschlitz TX_2 schätzt.
14. Kalibrierungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei der Schritt des Berechnens eines Korrekturfaktors oder -faktoren in dem ersten Funkknoten in dem dritten Zeitschlitz TX_3 durchgeführt wird.
15. Kommunikationssystem (800) zur drahtlosen Kommunikation, wobei das System zumindest einen ersten Funkknoten und einen zweiten Funkknoten umfasst, die angeordnet werden können, in Funkkommunikation mit jedem anderen zu sein, wobei das Kommunikationssystem dadurch gekennzeichnet ist, dass der zumindest eine Funkknoten mit der Hilfe des zweiten Funkknotens durch Verwenden des Kalibrierungsverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 kalibriert wird.
16. Kommunikationssystem nach Anspruch 15, wobei der zumindest eine der Funkknoten des Systems eine Multiantennen-Konfiguration als angepasst für MIMO-basierte Kommunikation verwendet.
17. Funkknoten, angepasst zur drahtlosen Kommunikation in einem drahtlosen Netzwerk, wobei das Netzwerk zumindest einen weiteren Funkknoten umfasst, wobei der Funkknoten umfasst.

- ein austauschendes Modul (232), das angepasst zum Empfangen zumindest einer ersten Funkkanalschätzung von dem zumindest weiteren Funkknoten ist;
- ein Kanal schätzendes Modul (224), das angepasst zum Herstellen einer zweiten Funkkanalschätzung aus einem Funksignal ist, das von dem Funkknoten empfangen wurde;
- ein berechnendes Modul (226), das angepasst zum Berechnen eines Korrekturvektors/-terms oder einer Darstellung einer Funkkanalschätzung basierend auf der empfangenen ersten Funkkanalschätzung und der zweiten Funkkanalschätzung ist; und
- ein kompensierendes Modul (234) zum Kompensieren von Funkübertragungen von dem Funkknoten mit zumindest einem Korrekturfaktor, der zumindest teilweise auf der berechneten Kalibrierung basiert,

und das gekennzeichnet ist, durch

- ein Pilot sendendes Modul (228), das angepasst zum Steuern der Übertragung eines ersten Pilot-Signals und eines zweiten Pilotsignals ist, wobei das zweite Pilotsignal mit der zweiten Funkkanalschätzung modifiziert wird.

18. Funkknoten nach Anspruch 17, wobei der Funkknoten weiter Vorrichtungen zum initiieren eines Kalibrierungsprozesses umfasst, wobei die initiierenden Vorrichtungen angepasst sind, den Kalibrierungsprozess in vorbestimmten Zeitintervallen durchzuführen
19. Funkknoten nach Anspruch 17, wobei der Funkknoten weiter zum Initiieren eines Kalibrierungsprozesses umfasst, wobei die initiierenden Vorrichtungen angepasst sind,

den Kalibrierungsprozess als eine Antwort eines Maßes der Kommunikationsqualität zu initiieren, die unter einem vorbestimmten Schwellwert liegt.

20. Funkknoten nach einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei der Funkknoten eine Multiantennen-Konfiguration verwendet.
21. Funkknoten nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei der Funkknoten eine mobile Station (815) ist.
22. Funkknoten nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei der Funkknoten eine Funkbasisstation (805) ist.
23. Funkknoten nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei der Funkknoten eine Vermittlungsstation ist.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'étalonnage d'une partie d'émission d'un nœud dans un réseau de communication sans fil, ce réseau de communication comprenant au moins un premier nœud radio et un deuxième nœud radio qui peuvent être agencés de façon à être en radiocommunication l'un avec l'autre, et dans lequel au moins un nœud radio reçoit des signaux radio provenant de multiples antennes, ce procédé d'étalonnage comprenant les étapes suivantes :
 - 5 10 - émettre (605, 705) des premiers signaux pilotes à la fois à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio et à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio;
 - 15 - déterminer (610, 710) dans le deuxième nœud radio une première estimation des caractéristiques de canal à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio, et dans le premier nœud radio déterminer une deuxième estimation des caractéristiques de canal à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio, cette détermination étant basée sur des premiers signaux pilotes reçus respectifs;
 - 20 - calculer au moins un facteur de correction de canal dans le premier nœud radio sur la base des première et deuxième estimations de canal,
 - 25 30 le procédé d'étalonnage étant caractérisé par les étapes suivantes :
 - émettre (611, 711, 712) un deuxième signal pilote modifié, à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio, la modification étant basée sur la deuxième estimation de canal,
 - estimer des erreurs de transmission (612, 713) dans le deuxième nœud radio, cette estimation étant basée sur la première estimation de canal et le deuxième signal pilote reçu, et calculer un vecteur de correction avec des termes de correction pour chacune des multiples antennes, sur la base des erreurs de transmission;

- échanger (615, 715) le vecteur de correction à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio; et

en ce que l'étape de calcul de facteurs de correction (620, 720) comprend le calcul d'un facteur de correction pour chaque antenne, les facteurs de correction étant basés au moins partiellement sur les termes de correction respectifs dans le vecteur de correction, lesdits facteurs de correction étant adaptés pour l'utilisation dans des émissions à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio.

2. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, dans lequel le procédé d'étalonnage est lancé à des intervalles de temps prédéterminés.

15 3. Procédé d'étalonnage selon la revendication 1, dans lequel le procédé d'étalonnage est lancé en tant que réponse au fait qu'une mesure de qualité de communication est inférieure à une valeur de seuil prédéterminée.

20 4. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la modification du deuxième signal pilote comprend une multiplication d'un signal pilote par le conjugué complexe de la deuxième estimation de canal.

25 5. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le vecteur de correction est échangé sous la forme d'une représentation compacte du vecteur de correction.

30 6. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le premier nœud radio (A) est équipé de n_A antennes et le deuxième nœud radio (B) est équipé de n_B antennes, et dans lequel au moins le premier nœud radio a au moins deux antennes, dans lequel :

- dans la première étape d'émission (605) les premiers signaux pilotes, P_c , sont des vecteurs colonne;

35 - dans l'étape de détermination (610) une première estimation $\hat{H}_{A,B}$ des caractéristiques de canal à partir du

premier nœud radio vers le deuxième nœud radio est calculée dans le deuxième nœud radio, et une deuxième estimation de canal $\hat{H}_{B,A}$ des caractéristiques de canal à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio est calculée
 5 dans le premier nœud radio;

- dans la deuxième étape d'émission (611) le deuxième pilote, P_s , est pré-multiplié conformément à :

$$P_s \cdot H^*_{B,A} \cdot 1_{n_s},$$

ce qui sera reçu comme R_s au deuxième nœud radio, et dans
 10 cette expression $H^*_{B,A}$ est le conjugué complexe de la deuxième estimation de canal, P_s est une matrice diagonale de $n_A \times n_A$ contenant n_A signaux pilotes individuels, et 1_{n_s} est un vecteur colonne ne contenant que des 1, de dimension n_s ;

15 - dans l'étape d'estimation (612), le vecteur de correction est calculé sur la base de R_s et $H_{A,B}$, et comprend des termes de correction d'erreur pour chacune des antennes du premier nœud radio; et

20 - dans l'étape de calcul (620) des facteurs de correction de canal pour chaque antenne sont calculés sur la base du vecteur de correction.

25 7. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendication 1 à 5, dans lequel le premier nœud radio (A) est équipé de n_A antennes et le deuxième nœud radio (B) est équipé de n_B antennes, et dans lequel au moins le premier nœud radio a au moins deux antennes, dans lequel la radiocommunication est basée sur une Décomposition en Valeurs Singulières (SVD pour "Singular Value Decomposition"), et

30 - dans la première étape d'émission (705) les premiers signaux pilotes, P_c , sont des vecteurs colonne;

35 - dans l'étape de détermination (610), une première estimation, $\hat{H}_{A,B}$, des caractéristiques de canal à partir du premier nœud radio vers le deuxième nœud radio est calculée dans le deuxième nœud radio, et une deuxième estimation de

canal $\hat{H}_{B,A}$ des caractéristiques de canal à partir du deuxième nœud radio vers le premier nœud radio est calculée dans le premier nœud radio;

- 5 - dans la deuxième étape d'émission (611) le deuxième pilote, P_d , est pré-multiplié par un pré-filtre, $H^*_{B,A}$, qui est le conjugué complexe de la deuxième estimation de canal, ce qui sera reçu au deuxième nœud radio sous la forme

$$R_s = H_{A,B} \cdot H^*_{B,A} \cdot P_d;$$

- 10 - dans l'étape d'estimation (713) le vecteur de correction est calculé dans le deuxième nœud et basé sur $H^*_{B,A}$ et $H_{A,B}$, avec $H_{A,B}$ estimé à partir du premier signal pilote et $H^*_{B,A}$ estimé à partir de R_s ; et

- 15 - dans l'étape de calcul (720), des facteurs de correction de canal pour chaque antenne sont calculés sur la base du vecteur de correction.

20 8. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le vecteur de correction comprend une représentation d'erreurs de retard, d'erreurs de phase ou d'erreurs d'amplitude, ou une combinaison de ces erreurs.

25 9. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel une première partie de l'étape d'émission de symboles d'estimation de canal est effectuée dans un premier créneau temporel d'émission TX_1 , dans lequel le deuxième nœud radio émet un pilote, P_c , qui est reçu par le premier nœud radio, qui est dans un mode de réception; et

30 une deuxième partie de l'étape d'émission de symboles d'estimation de canal est effectuée dans un deuxième créneau temporel d'émission TX_2 , dans lequel le premier nœud radio émet un pilote, P_c , P_d ou P_s qui est reçu par le deuxième nœud radio, qui est dans un mode de réception.

10. Procédé d'étalonnage selon la revendication 9, dans lequel l'étape d'échange d'information entre nœuds radio est effectuée dans un troisième créneau temporel d'émission TX_3 , dans lequel le deuxième nœud radio est en mode d'émission normal et émet de l'information sur le canal radio vers le premier nœud radio, qui est en mode de réception.

11. Procédé d'étalonnage selon la revendication 10, dans lequel le premier nœud radio estime le canal radio 10 allant du deuxième canal radio vers le premier nœud radio, $H_{B,A}$, dans le premier créneau temporel d'émission TX_1 .

12. Procédé d'étalonnage selon la revendication 10 ou 11, dans lequel le deuxième nœud radio estime le canal radio allant du premier canal radio vers le deuxième nœud radio, $H_{A,B}$, dans le deuxième créneau temporel d'émission TX_2 .

13. Procédé d'étalonnage selon la revendication 12, dans lequel le deuxième nœud radio estime en outre un vecteur de correction ou un terme de correction dans le 20 deuxième créneau temporel d'émission TX_2 .

14. Procédé d'étalonnage selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, dans lequel l'étape de calcul d'un facteur ou de facteurs de correction dans le premier nœud radio est effectuée dans le troisième créneau temporel 25 d'émission TX_3 .

15. Système de communication (800) pour la communication sans fil, le système comprenant au moins un premier nœud radio et un deuxième nœud radio qui peuvent être agencés pour être en radiocommunication l'un avec 30 l'autre, ce système de communication étant caractérisé en ce que l'au moins un premier nœud radio est étalonné avec l'aide du deuxième nœud radio, par l'utilisation du procédé d'étalonnage conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 14.

35 16. Système de communication selon la revendication 15, dans lequel l'au moins un des nœuds radio du système

utilise une configuration multi-antenne adaptée pour la communication basée sur la technique d'entrées multiples et sorties multiples ou MIMO.

17. Nœud radio adapté pour la communication sans fil dans un réseau sans fil (800), ce réseau comprenant au moins un nœud radio supplémentaire, le nœud radio comprenant :

- un module d'échange (232) adapté pour recevoir au moins une première estimation de canal radio provenant au moins du premier nœud supplémentaire;

- un module d'estimation de canal (224) adapté pour produire une deuxième estimation de canal radio à partir d'un signal radio reçu par le nœud radio;

15 - un module de calcul (226) adapté pour calculer un vecteur / terme de correction ou une représentation d'estimations de canal radio basée sur la première estimation de canal radio reçue et la deuxième estimation de canal radio; et

20 - un module de compensation (234) pour compenser des émissions radio provenant du nœud radio avec au moins un facteur de correction qui est au moins partiellement basé sur l'étalonnage calculé,

et étant caractérisé par :

25 - un module d'émission de pilote (228) adapté pour commander l'émission d'un premier signal pilote et d'un deuxième signal pilote, le deuxième signal pilote étant modifié avec la deuxième estimation de canal radio.

18. Nœud radio selon la revendication 17, dans lequel le nœud radio comprend en outre un moyen pour lancer un processus d'étalonnage, ce moyen de lancement étant adapté pour lancer le processus d'étalonnage à des intervalles de temps prédéterminés.

19. Nœud radio selon la revendication 17, dans lequel le nœud radio comprend en outre un moyen pour lancer un processus d'étalonnage, ce moyen de lancement étant adapté pour lancer le processus d'étalonnage comme réponse

au fait qu'une mesure de qualité de communication est inférieure à une valeur de seuil prédéterminée.

20. Nœud radio selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, dans lequel le nœud radio utilise 5 une configuration multi-antenne.

21. Nœud radio selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, dans lequel le nœud radio est une station mobile (815).

22. Nœud radio selon l'une quelconque des 10 revendications 17 à 20, dans lequel le nœud radio est une station de base radio (805).

23. Nœud radio selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, dans lequel le nœud radio est une station relais (810).



Europäisches
Patentamt European
Patent Office Office européen
des brevets

Einsender / Sender / Expéditeur
(bitte ausfüllen / please fill in / à remplir svp)

Claes Djurberg
Dr Ludwig Brann Patentbyrå AB
Box 1344
SE-751 43 Uppsala, Sweden

Posted

D-80298 München
(+49-89) 23 99-0
Fax (+49-89) 23 99-44 85

P.B. 5818 Patentlaan 2
NL-2280 HV Rijswijk
(+31-70) 340-20 40
Fax (+31-70) 340-30 16

D-10958 Berlin
(+49-30) 259 01-0
Fax (+49-89) 259 01-640

**Bestätigung²⁾ über den
Eingang nachgereichter
Unterlagen für Patentan-
meldungen/Patente beim
Europäischen Patentamt**

Datum und Ort des Eingangs sind aus dem
Eingangsstempel bzw. der Perforation dieser
Eingangsbestätigung ersichtlich.
(M + Datum = Einreichungsort München;
H + Datum = Einreichungsort Den Haag;
Datum + B = Einreichungsort Berlin)

**Acknowledgement of receipt²⁾
for subsequently filed items
relating to patent applications/
patents at the European Patent
Office**

Date and place of receipt are shown by the
receipt stamp or perforation appearing on
this receipt.
(M + date = Munich as place of receipt;
H + date = The Hague as place of receipt;
date + B = Berlin as place of receipt)

**Accusé de réception²⁾ à l'Office
européen des brevets de pièces
produites postérieurement au
dépôt d'une demande de brevet/
à la délivrance d'un brevet
européen**

La date et le lieu de réception sont indiqués
par le cachet de réception ou la perforation
du présent accusé de réception.
(M + date = pièces reçues à Munich;
H + date = pièces reçues à La Haye;
date + B = pièces reçues à Berlin)

Eingereichte Unterlagen

Items filed

Pièces envoyées

Anmeldenummer/Patentnummer Application Number/Patent Number Numéro de la demande/numéro du brevet	Ihr Zeichen Your reference Votre référence	ggfs. Art und Datum der Unterlagen ³⁾ Nature and date of items (optional) ³⁾ Nature et date des pièces (facultatif) ³⁾
1. EP 04804263.4	P06481EP01 LM	Translations of claims in German and French
2.		Form 1010 (only by fax)
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

- 1) bitte Adressfeld ausfüllen
- 2) bitte 2-fach einreichen
- 3) Der Eingang der angegebenen Unterlagen wird bestätigt. Enthält diese Spalte keine Eintragungen, so wird lediglich bestätigt, dass eine Sundung zu dem angegebenen Kennzeichen eingegangen ist

- 1) please fill in address
- 2) please submit in 2 copies
- 3) The receipt of the items indicated is confirmed. If this column does not contain any entries, it is only confirmed that an item has been received for the indicated file.

- 1) adresse à remplir, svp.
- 2) à soumettre en 2 exemplaires, svp.
- 3) La réception des pièces indiquées est confirmée. Faute de mention dans cette colonne, le présent accusé de réception se rapporte à une pièce quelconque envoyée sous la référence indiquée.

~~CALIBRATION METHOD TO ACHIEVE RECIPROCITY OF BIDIRECTIONAL COMMUNICATION CHANNELS~~

5

Field of Invention

The present invention relates to a method and arrangement to enhance the communication performance in wireless communication systems. In particular, the present invention relates to the reciprocity of bidirectional communication channels.

10 **Background of the Invention**

The demand for traffic capacity, coverage and reliability in the wireless communication systems is seemingly ever-increasing. One bottleneck in the traffic capacity is the limited frequency spectrum available for communication purposes, the limitation being both physical – only part of the frequency spectrum is suitable for communication and the information content per frequency and time is limited, and organisational- the useful part of the spectrum is to be used for a number of purposes including: TV and radio broadcast, non-public communication such as aircraft communication and military communication, and the established systems for public wireless communication such as GSM, third-generation networks (3G), Wireless Local Area Networks (WLAN) etc. Recent development in the area of radio transmission techniques for wireless communication systems show promising results in that the traffic capacity can be dramatically increased as well as offering an increased flexibility with regards to simultaneously handling different and fluctuating capacity needs. Several promising techniques are Multiple-Input-Multiple-Output (MIMO) see for example A. Goldsmith et al. "Capacity Limits of MIMO Channels", IEEE Journal on Selected Areas of Comm., VOL. 21, NO. 5, JUNE 2003, and coherent combining based cooperative relaying, see for example Peter Larsson, ."Large-Scale Cooperative Relaying Network with Optimal Coherent Combining under Aggregate Relay Power Constraints", in Proc. Of Future telecom Conference, Beijing, China, 9-10/12 2003. Compared to presently used transmission techniques such as TDMA (as used in GSM) and WCDMA (as used in UMTS), the above exemplified technique represents a much better usage of the available radio frequency spectrum. As an example of the capabilities of, but also the requirement set forth by, the new transmission techniques, the MIMO wireless systems will be briefly described with references

to FIG. 1 (prior art). A comprehensive description of the basic principles as well as recent development and areas of research of MIMO is to be found in the above referred article by A. Goldsmith et al.

- A radio link in a MIMO system is characterized by that the transmitting end as well as the receiving end is equipped with multiple antenna elements, as illustrated in FIG. 1. The idea behind MIMO is that the signals on the transmit (TX) antennas at one end and the receive (RX) antennas at the other end are "combined" in such a way that the quality (bit-error rate, BER) or the data rate (bits/sec) of the communication for each MIMO user will be improved. Such an advantage can be used to increase both the network's quality of service and the operator's revenues significantly. A core idea in MIMO systems is *space-time* signal processing in which time (the natural dimension of digital communication data) is complemented with the spatial dimension inherent in the use of multiple spatially distributed antennas. A key feature of MIMO systems is the ability to turn multipath propagation, traditionally regarded as a limiting factor in wireless transmission, into a benefit for the user.
- MIMO effectively takes advantage of random fading and when available, multipath delay spread, for multiplying transfer rates. Also schemes such as Transmit Diversity scheme with Rich Feedback (TDRF) and coherent combining based cooperative offer a dramatic increase in capacity and/or quality, as described in "Capacity achieving transmitter and receiver pairs for dispersive MISO channels" by K. Zangi and L. Krasny, IEEE Trans. Wireless Commun., July 2002 and in "Optimal and Reduced Complexity Receivers for MISO Antenna Systems" by L. Krasny, S. Grant and K. Molnar, Proceeding IEEE Globecom 2003. The prospect of significant improvements in wireless communication performance at no cost of extra spectrum (only hardware and complexity are added) has naturally attracted widespread attention.
- The transmitting principles of a multiantenna system will be described with reference to the schematic illustration of Fig. 1. A compressed digital source in the form of a binary data stream 105 is fed to a transmitting block 110 encompassing the functions of error control coding and (possibly joined with) mapping to complex modulation symbols (quaternary phase-shift keying (QPSK), M-QAM, etc.). The latter produces several separate symbol streams which range from independent to partially redundant to fully redundant. Each is then mapped onto one of the multiple TX antennas 115. Mapping may include linear spatial

weighting of the antenna elements or linear antenna space-time precoding. After upward frequency conversion, filtering and amplification, the signals are launched into the wireless channel. N TX antennas 115 are used, and the transmitting block 110 may typically comprise means for N simultaneous transmissions. At the receiver, the signals are preferably captured by multiple antennas (M) 120 and demodulation and demapping operations are performed in the receiving block 125 to recover the message. The level of intelligence, complexity, and a priori channel knowledge used in selecting the coding and antenna mapping algorithms will vary a great deal depending on the application. This determines the class and performance of the multiantenna solution that is implemented.

- 10 Naturally, the multiantenna systems offer a transmit-receive diversity gain, similar to the existing smart antenna systems, but can also offer a fundamentally new advantage in the exploration of the space-time. This can be seen as the multiantenna systems transmit data over a matrix channel rather than a vector channel. The signal model of this type of multiantenna system can simplified be described as:

$$15 \quad \mathbf{r} = \mathbf{Hs} + \mathbf{n} \quad (1)$$

wherein, \mathbf{r} is the $M \times 1$ the received signal vector, \mathbf{s} is the $N \times 1$ transmitted signal vector and \mathbf{n} is an vector of additive noise terms, e.g. white Gaussian noise, and \mathbf{H} is the $M \times N$ channel matrix for the transmitted signals between the transmitter and the receiver.

- The multiplexing alone is as previously mentioned, not enough for achieving the dramatic increase in gain. Advanced coding/decoding and mapping schemes, i.e. the space-time coding, is essential. A knowledge of the radio channel is needed for the decoding already in today's existing wireless systems such as GSM and UMTS, and in the multiantenna systems this knowledge is absolutely critical. In some of the most promising implementation proposals for MIMO, the knowledge of the channel, represented by \mathbf{H} , is used not only in the decoding performed in the receiver side, but also in the coding on the transmitting side as described in D. Gesbert et al. "From Theory to practice: An Overview of MIMO Space-Time Coded Wireless Systems", IEEE Journal on Selected Areas of Comm., VOL. 21, NO. 3, April 2003 and in WIPO publication nr WO 03005606.

The knowledge of the characteristics of the channel matrix \mathbf{H} at the transmitter can be used to optimize coding and mapping. Not only MIMO systems exploits precise channel state information (CSI), but also for TDRF and coherent combining based cooperative relaying that inherently uses CSI knowledge for optimizing respective communication performance.

5 A forward channel may typically be characterized either by sounding the channel in the forward direction with some training signal and then receive feedback from the other station informing about the channel characteristics, or by receiving a training signal from the other station and acquire knowledge of transmit power. The first alternative can provide a good estimate of the channel characteristics, but at the same time does the transmission of the characteristics of \mathbf{H}

10 take up valuable transmission resources. Therefore, a compromise between the increase in gain and the increase in control signalling over payload signalling is typically considered in for example determining suitable update frequency for the characteristics of \mathbf{H} . The latter alternative uses less transmission recourses, but relies on the assumption that the channel is reciprocal, i.e. that amplitude and phase are identical regardless of transmission direction.

15 This is e.g. the case in a TDD channel (time division multiplexing) within the channels coherence time. This is particularly true, and of interest, when multiple antennas are used at a first station and only one (or fewer) antennas are used at the other station, as also the number of training sequences can be diminished. This is also of great interest for coherent combining based cooperative relaying, as potentially large number of relays (possibly equipped with only

20 one or with few antennas) are exploited while communicating to a user with only one or a few antennas.

Summary of the Invention

The reciprocity assumption, as discussed above and in the referenced documents, is widely accepted and used to effectively estimate the channel. However, in realistic situations, given e.g. non-perfect transmitter-receiver chains, the reciprocity might not hold. Thus, there is a obvious need for achieving a suitable estimate of the channel, for example characterised by the channel matrix \mathbf{H} , wherein the estimate characterize the complete transmitter-air interface-receiver chain.

→ 4b

4 b

WO 99/57820 discloses a method of calibrating mainly the transmitting and receiving parts of a basestation to achieve reciprocity in the uplink and downlink communication. Also the electronics in the transmitting and receiving parts of a subscriber unit may be accounted for, giving calibrations of basestation – subscriber unit pairs. The method according to WO
5 99/57820 comprises of transmitting a calibration bursts from basestation to a subscriber unit and from the subscriber unit to the basestation, determining “downlink signature estimate” and/or “downlink signature estimates” based on the calibration burst(s) and sending the “downlink signature estimate” to the base station, which uses the signature estimate(s) to calibrate its transmission-receiving chain to achieve reciprocity.

10

5
→

The object of the present invention is to provide a method, radio nodes, system and programs that overcomes the drawbacks of the prior art techniques. This is achieved by the a method as defined in claim 1, the system as defined in claim 21, the radio node as defined in claim 22 and the program product as defined in claim 18.

- 5 The method according to the invention provides a method of calibrating at least one first radio node in a wireless communication network. The communication network comprises at least a first radio node and a second radio node, which can be arranged to be in radio communication with each other. The calibration method is based on that at least one representation of radio channel characteristics has been exchanged from one radio node to the other.
- 10 One embodiment of the invention comprises the steps of:
 - transmitting* channel estimation symbols, or pilots, from at least the second radio node to the first radio node over a radio channel;
 - calculating* at least one representation of the radio channel characteristics in at least the second radio node;
- 15 -*exchanging* at least one representation of the radio channel characteristics from one of the radio nodes to the other radio node;
 - compensating* radio transmissions from the first radio node with at least one correction factor which is at least partly based on the exchanged representation of the radio channel characteristics.
- 20 The method may further, which corresponds to a further embodiment, comprises a step of:
 - estimating* transmission errors in the second radio node, based on the received pilot signals in the first and second form, and calculating a correction vector with correction terms for respective antenna of the first radio node. Optionally the first radio node uses dedicated pilots which has been modified to facilitate the error estimation in the second radio node.
- 25 The communication system according to the present invention comprises at least a first radio node and a second radio node capable of transmitting and receiving radio signals and the first and second radio nodes can be arranged to be in radio communication with each other. The at least first radio node is calibrated with the aid of the second radio node, wherein the first radio node bases the calibration on at least one representation of radio channel characteristics which
- 30 has been exchanged from second radio node.

6

The radio node according to the present invention is adapted for wireless communication in a wireless network. The network comprises at least a second radio node and the first radio node capable of and the second radio node are capable of transmitting and receiving radio signals and can be arranged to be in radio communication with each other. The first radio node is 5 calibrated with the aid of the second radio node, wherein the first radio node bases the calibration on at least one representation of radio channel characteristics, which has been exchanged from second radio node.

According to one embodiment of the invention the radio node comprises calibration initiating means for identifying a need for calibrating the radio node, channel estimating means for 10 producing radio channel estimates from radio signals received by the first radio node, and exchanging means for exchanging representations of the radio channel estimates or correction terms/vectors to other radio nodes. The channel estimating means and the exchanging means are preferably in communication with the receiver, and with calculating means for calculating a correction vector/term or a representation of a radio channel estimates, based on received 15 radio channel estimate provided from the exchanging means and/or the internally determined channel estimate provided from the channel estimating means. The radio node further comprises pilot transmitting means for controlling the transmission of channel estimation symbols, or pilots, to the other radio nodes, and compensating means for compensating radio transmissions from the radio node with one, or a set of, correction factor(s). The transmitting 20 means and the compensating means are preferably in communication with the transmitter, which also is in communication with the exchanging means. The compensating means is further in communication with the calculating means.

Thanks to the invention inaccuracies and differences in transmit receive chains can be compensated, whereby achieving reciprocity between the two radio nodes. The calibration 25 may be used also in communication with other radio nodes and reciprocity is maintained also in these communications.

One advantage afforded by the present invention is, since reciprocity is ensured, that methods for optimizing coding and mapping at the transmitter which requires an accurate forward channel estimation, can be used.

The described methods have the additional advantage that it can be used for relative calibration between stations that cannot or don't communicate. A typical example is coherent combining based cooperative relaying.

Embodiments of the invention are defined in the dependent claims. Other objects, advantages
5 and novel features of the invention will become apparent from the following detailed description of the invention when considered in conjunction with the accompanying drawings and claims.

Brief Description of the Drawings

The invention will now be described in detail with reference to the drawing figures, wherein

Fig. 1 is a schematic view of a multiantenna system (prior art);

Fig. 2a is a schematic view of two radio nodes according to the invention engaged in

5 communication, and Fig. 2b is a schematic illustration of functional modules in a radio node according to the invention;

Fig. 3 is a message sequence chart illustrating the method according to the present invention;

Fig. 4 is a message sequence chart illustrating the method according to a first embodiment of the present invention;

10 Fig. 5 is a message sequence chart illustrating the method according to a second embodiment of the present invention;

Fig. 6 is a message sequence chart illustrating the method according to a third embodiment of the present invention;

Fig. 7 is a message sequence chart illustrating the method according to a fourth embodiment

15 of the present invention; and

Fig. 8 is a schematic view of wireless system wherein entities uses the calibration method according to the present invention;

Fig. 9 is a schematic illustration of transmissions between two entities using the method according to the present invention.

20

Detailed Description of the invention

Two nodes in a wireless communication network, station A 210 and station B 220, which are in simultaneous communication with each other, are schematically illustrated in FIG. 2.

Station A 210 comprises a transmitter 212 and a receiver 214. Station B 220 comprises a

25 transmitter 222 and a receiver 224. The transmitter 212 of the station A 210 and the receiver 224 of station B 220 makes up a first transmitter-receiver chain, and the transmitter 222 of the station B 220 and the receiver 214 of station A 210 the second. As previously described the transmission can be characterized by the channel matrix H , but as shown here in FIG. 2. it degenerates to a scalar complex valued channel. The end-to end channel for a transmitter-
30 receiver chain may be described as consisting of essentially three parts relating to the

transmitter, the air interface and the receiver. The parts relating to the transmitter and the receiver will be referred to as internal channels. This approach takes into account that the signal is affected not only in the air interface, but also in all parts of the transmitter-receiver chain such as in the transmitter/receiver and antenna feeders etc. The channel (in the frequency domain and hence generally a dependency with respect to frequency) from station A to B, in the example depicted in FIG. 2, may be described a

$$H_{A \rightarrow B} = H_{A,TX} \cdot H_{CH} \cdot H_{B,RX}, \quad (2)$$

and the channel from B to A is

$$H_{B \rightarrow A} = H_{B,TX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,RX} \quad (3)$$

wherein $H_{A,TX}$ characterize the transmitter 212 of station A 210, $H_{B,TX}$ characterize the transmitter 222 of station B 220, $H_{A,RX}$ is the channel matrix characterizing the receiver 214 of station A 210 and $H_{B,RX}$ characterize the receiver 224 of station B 220. H_{CH} characterize the radio propagation channel. The terms relating to the transmitters and receivers $H_{A,TX}$, $H_{B,TX}$, $H_{A,RX}$ and $H_{B,RX}$ are not limited to the effect on the signal within the actual transmitter or receiver, they should preferably comprise a characterisation of all essential channel effects within respective station. The channels are here characterized with matrixes, which is relevant if any kind of MIMO communication is used. In particular, the transmit-receive chains are characterized as diagonal matrixes, whereas H_{CH} is a full matrix. However, the observation that not only the air interface but also the transmitting/receiving parts effect the channel is valid also in other cases such as MISO, SIMO and SISO systems, for which the matrixes at the single antenna side reduces to a scalar. It is a fundamental property of an isotropic medium, such as the radio channel, that it exhibits reciprocity, reflected in that H_{CH} is the same in both directions. However, since neither $H_{A,TX}$ can be assumed to be equal $H_{B,TX}$ nor $H_{A,RX}$ can be assumed to be equal $H_{B,RX}$, due to unavoidable differences in the components, the channel from station A 210 to station B 220, $H_{A \rightarrow B}$, can not be assumed to be equal the channel from station B 220 to station A, $H_{B \rightarrow A}$. In other words $H_{A \rightarrow B} \neq H_{B \rightarrow A}$ is generally valid and the channels are not reciprocal. Even if the equipment at one time is calibrated so what the internal channels $H_{A,TX}=H_{B,TX}$ and $H_{A,RX}=H_{B,RX}$ at that time, drift due to

temperature, humidity, ageing of components, for example, will cause the channels to become non-reciprocal.

- In the method according to the present invention external calibration of the transmitters and possibly also the receivers is introduced. This is possible because the transmitter and receiver internal channels $H_{A,TX}$, $H_{B,TX}$, $H_{A,RX}$, and $H_{B,RX}$ are stationary over long term and changes are primarily due to temperature drift, humidity etc. These changes typically occur on timescales such as hours, days, or at the fastest, minutes and can be considered as very slow compared to other characteristic timescales in the system such as changes in the air interface, power control changes and communication speed, for example. The calibration according to the invention may take place on a regular basis or as a response of a signal from a controlling entity upon, for example, a detected degradation in communication performance (such as throughput) or detection by other means. The communication between the calibration instances is only affected in the sense that calibration factors are included in each transmission.
- The radio node 210 described with reference to FIG. 2a is according to the present invention adapted to utilize the method according to the invention. A radio node capable to be calibrated and to participate in the calibration of another node, which is a preferred embodiment, is schematically depicted in FIG. 2b. The below described modules should typically be regarded as software defined functional modules in the digital processing parts of the radio node, i.e. not necessarily physical entities. The radio node preferably comprises a calibration initiating module 222 for identifying a need for calibrating the radio node, channel estimating module 224 for producing radio channel estimates from radio signals received by the first radio node, and exchanging module 232 for exchanging representations of the radio channel estimates or correction terms/vectors to other radio nodes. The channel estimating module 224 and the exchanging module 232 are preferably in communication with the receiver 214, and with calculating module 226 for calculating a correction vector/term or a representation of a radio channel estimates, based on received radio channel estimate provided from the exchanging module 232 and/or the internally determined channel estimate provided from the channel estimating module 224. The radio node further comprises pilot transmitting module 228 for transmitting channel estimation symbols, or pilots, to the other radio nodes, and compensating module 234 for compensating radio transmissions from the radio node with one, or a set of,

correction factor(s). The transmitting module 228 and the compensating module 234 are preferably in communication with the transmitter 212, which also is in communication with the exchanging module 232. The compensating module 234 is further in communication with the calculating module 226. The functionality provided by the above described modules can
5 be achieved by a plurality of different implementations, of which the above is a non-limiting example.

The steps of the method according to the present invention, offering a method of external calibration of a station will be described with references to the message sequence chart of FIG. 3 and the schematic illustration of FIG. 2a and b. In the exemplary system depicted in
10 FIG. 2 only one transmitter and one receiver is provided in each station. The result of the steps is a calibration of the transmitter of station A. This is a non-limiting example and the inventive method is not limited to this case, on the contrary, as pointed out in the background section, to be able to use the reciprocal assumption is of very high importance in multiantenna systems, and the method easily extendable to such systems. The method of calibration
15 comprises the steps of:

300: Initiate the calibration process.

The calibration process can be initiated in predetermined time intervals, wherein a suitable predetermined time interval can be set based on experience and assumptions on e.g. climate. Alternatively the calibration process can be initiated on demand from e.g. a system
20 controlling entity, which has recorded some measure of communication degradation from one or more nodes, e.g. a high average BER or a change in average BER. The calibration may also be triggered based on climatic changes, such as surrounding temperature or temperature changes of communication equipment. Moreover, the transmitter also has knowledge of transmission history (time and duration of transmission), used transmit power as well as
25 potential future transmission and can use this to trigger any calibration. Further, calibration errors (such as phase deviations) may be detected at the receiver for each transmit antenna, and when exceeding a predetermined threshold of deviation a calibration event is instantiated. The need for calibration is typically recognized in the calibration initiating module 222 of the radio node, but may be detected external from the radio node, and the radio node informed, by
30 suitable means, of a required calibration.

305: Transmit channel estimation symbols, P .

Channel estimation symbols i.e. symbols known by both the transmitter and receiver, e.g. in the form of a pilot signal, are transmitted from station B 220 to station A 210, and/or from station A 210 to station B 220. Many systems have an existing common pilot channel that can

- 5 be used for the calibration purpose. Pilot transmitting module 228 controls the transmission of pilots.

310: Channel estimation.

Calculate a channel estimate \hat{H} from the result of the transmission of P , which channel estimate \hat{H} comprises the complete transmitter-air interface-receiver chain. $\hat{H}_{A \rightarrow B}$, the

- 10 channel estimate for a signal from station A 210 to station B 220, and/or $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, the channel estimate from station B 220 to station A 210, may preferably be calculated. The channel estimating module 224 of the radio node performs the estimations.

315: Exchange information between stations.

The stations exchange information extracted from the channel estimate(s) $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ and/or $\hat{H}_{B \rightarrow A}$

- 15 in order to facilitate a calculation of a correction factor to be used for the transmission by station A. Preferably, the receiving station (station B 220) sends a representation of the channel estimate $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ to station A 210, or alternatively station B 220 sends a representation of a correction factor. The representations are preferably sent in a compact form, in order to not take up more transmission resources than necessary. The exchanging module 232 prepares
20 and controls the exchange of information relating to the radio channels between different nodes.

320: Calculate channel correction factor.

A channel correction factor, taking into account the exchanged information on channel estimates, is calculated in calculating module 226.

25 325: Compensate transmission with channel correction factor.

Station A 210 compensates every transmission to B with the channel correction factor, giving an effective channel $H_{A \rightarrow B}^{(eff)}$. Since channel reciprocity holds, $H_{A \rightarrow B}^{(eff)} = H_{B \rightarrow A}$, with the compensated transmission, station A 210 may now measure on pilots (channel estimation

symbols) from B for the estimate of $H_{B \rightarrow A}$ needed to e.g. enhance coding and mapping. The channel correction factor is used at least until a new calibration process is initiated. The compensation can be seen as an adjustment of the transmitter 212 controlled by the compensating module 234.

- 5 The calibration process has been exemplified with a calibration of the transmitter in station A, to give reciprocal conditions for the communication to and from station B. Naturally, the calibration process can be used to calibrate station B. The calibration process described above can be extended to a multiantenna (multi TX and/or RX) systems. This will be further discussed in the below description of different embodiments of the invention. It has further
- 10 been assumed that non-linear characteristics, e.g. due to non-linear power amplifier operation, can be neglected.

The above described calibration process may readily be adapted to different implementations of wireless networks. Such adoptions will be exemplified with different embodiments of the invention.

- 15 In a first embodiment of the method according to the present invention, described with references to FIG. 4, channel estimation symbols are sent both from station A 210 to station B 220 and from station B to station A. Therefore estimates in both directions, $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ and $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, can be produced (corresponding to step 310).

- 20 After the channel estimation the stations exchange its channel estimation data, e.g. station B send $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ to station A (step 315). Based on $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ already available at station A and the received $\hat{H}_{A \rightarrow B}$, a channel correction factor can be determined (step 320) according to:

$$H_{Corr} = \frac{\hat{H}_{B \rightarrow A}}{\hat{H}_{A \rightarrow B}} = \frac{\hat{H}_{B,TX} \cdot \hat{H}_{CH} \cdot \hat{H}_{A,RX}}{\hat{H}_{A,TX} \cdot \hat{H}_{CH} \cdot \hat{H}_{B,RX}} = \frac{\hat{H}_{B,TX} \cdot \hat{H}_{A,RX}}{\hat{H}_{A,TX} \cdot \hat{H}_{B,RX}} \quad (4)$$

A signal S , to be transmitted from A to B, is pre-multiplied with H_{Corr} resulting in the received signal (step 325):

$$25 \quad R = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{Corr} \cdot S + N \quad (5)$$

, where N is receiver noise. It is seen that the effective channel is modified into the reverse channel according to:

$$\begin{aligned} H_{A \rightarrow B}^{(eff)} &= H_{A \rightarrow B} \cdot H_{Corr} = H_{A,TX} \cdot H_{CH} \cdot H_{B,RX} \cdot \frac{\hat{H}_{B,TX} \cdot \hat{H}_{A,RX}}{\hat{H}_{A,TX} \cdot \hat{H}_{B,RX}} \approx \\ &\approx H_{B,TX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,RX} = H_{B \rightarrow A} \end{aligned} \quad (6)$$

Hence as $H_{A \rightarrow B}^{(eff)} = H_{B \rightarrow A}$, the channels are now reciprocal, it is possible to use the estimate of

- 5 the channel in direction B to A, perform any operation on the signal to be transmitted based on $H_{B \rightarrow A}$ and sending the it over the effective channel $H_{A \rightarrow B}^{(eff)}$ from A to B.

The embodiment of the invention preferably comprises, as illustrated in the message sequence chart of FIG. 4, the steps of:

405 (corresponding to step 305): Transmit channel estimation symbols, P .

- 10 Pilot signals are transmitted from station B 220 to station A 210, and from station A 210 to station B 220.

410 (310): Channel estimation.

$\hat{H}_{A \rightarrow B}$ is calculated at station B 220 and $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, is calculated at station A 210.

415 (315): Exchange information between stations.

- 15 Station B 220 sends a representation of the channel estimate $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ to station A 210, preferably in a compact form. A compact representation can be used as the major characteristics of the channel are known, e.g. from $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, and only part of the estimate, e.g. significant deviations, need to be transmitted.

420 (320): Calculate channel correction factor.

- 20 Station A 210 calculate the correction factor, H_{Corr} , according to equation (4).

425 (325): Compensate transmission with channel correction factor.

Station A 210 compensates every transmission to B with the channel correction factor H_{Corr} , giving an effective channel $H_{A \rightarrow B}^{(eff)}$, which ensures, as shown in equation (6), reciprocity.

The embodiment may be extended to MIMO by performing the same procedure for each antenna element combinations. With M TX and N RX antennas, the total number of calibrations is M times N .

In a second embodiment of the method of the invention, described with references to the

- 5 signalling scheme of FIG. 5, estimation symbols, or pilot, is transmitted in one direction only. In this embodiment, station A 210 first perform an open loop channel estimation by receiving a training symbol from station B. Based on the estimated channel, subsequent transmission form A to B is pre-multiplied with inverse of the channel estimate. Based on this, station B can report a correction factor back to station A. The correction factor is used for every
- 10 transmission until next calibration instance. This is in essence a so called zero forcing scheme resulting in proportionally larger power is assigned to frequencies (assuming a frequency selective channel and e.g. OFDM) with high attenuation. Possibly, one may avoid using high attenuation frequencies.

The correction factor fed back can preferably be in the form of a low order complex

- 15 polynomial (possibly with exponential functions for any delays) and hence only a few weighting factors are sent back. Delay, phase and amplitude difference will generally be small in magnitude and well behaved functions, it is therefore generally sufficient to use a low order polynomial. Other methods of compression the correction factor may, as appreciated by the skilled in the art, also be used.

- 20 As an alternative the transmissions from A to B is pre-multiply with the complex conjugate of $\hat{H}_{B \rightarrow A}$. This alternative does not experience the problem with high attenuation frequencies as for the zero-forcing method. The receiver, i.e. station B, must however take into account that the received signal is, apart from the phase and amplitude errors to be calibrated, attenuated with $|H_{CH}|^2$ when determining the correction factor that is fed back to station A. However,
- 25 the most important is the feedback of the phase errors, as the amplitude gain of the transmit receiver chains does generally not vary so much as the channel gain $|H_{CH}|$.

The second embodiment of the invention preferably comprises, as illustrated in the message sequence chart of FIG. 5, the steps of:

505 (corresponding to step 305): Transmit channel estimation symbols, P .

Pilot signals are transmitted from station B 220 to station A 210 only.

510 (310): Channel estimation.

$\hat{H}_{B \rightarrow A}$, is estimated at station A 210.

5 511: Calculate preliminary correction factor.

A preliminary correction factor, h_{AB} , is calculated based on $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, preferably the inverse of the channel estimate, $\hat{H}_{B \rightarrow A}^{-1}$, or its complex conjugate, $\hat{H}_{B \rightarrow A}^*$.

512: Compensate transmissions.

The transmissions from station A to station B are compensated by multiplying the signal with 10 the preliminary correction factor h_{AB} .

513: Estimate errors.

Station B 220 estimate phase and amplitude errors in the transmission compensated with the preliminary correction factor. From the estimates station B calculates a correction term h_{Corr} .

For the $\hat{H}_{B \rightarrow A}^{-1}$, the correction factor is simply complex conjugate effective channel when

15 $\hat{H}_{B \rightarrow A}^{-1}$ is concatenated with $H_{A \rightarrow B}$. For the $\hat{H}_{B \rightarrow A}^*$ case, the complex conjugate of the phase error may for instance be signaled back, hence assuming that insignificant magnitude deviations occur due to the transmit receiver chains.

515 (315): Exchange information between stations.

Station B 220 sends the correction term h_{Corr} to station A 210, preferably in a compact form.

20 520 (320): Calculate channel correction factor.

Station A 210 calculate a final correction factor, H_{Corr} , based on the preliminary correction factor h_{AB} and the correction term h_{Corr} .

525 (325): Compensate transmission with channel correction factor.

Station A 210 compensates every transmission to B with the final channel correction factor

25 H_{Corr} , giving an effective channel which ensures reciprocity.

In a third embodiment of the method of the present invention, described with references to the signalling scheme of FIG. 6, special estimation symbols (or pilot channel) is used in addition to the existing common pilot channel, to estimate a correction vector.

In, for example, a MIMO scenario in which station A has n_A antennas and station B has n_B 5 antennas, the frequency responses of the transceiver chains can be represented by diagonal matrices with elements corresponding to the response between the baseband processor and a particular antenna. For example, $H_{A,TX}$ is an n_A by n_A diagonal matrix and the channel's response is now an n_B by n_A matrix as seen by station B.

Following the example of calibrating station A through station B, similar to the first two 10 embodiments, the channels from station A to station B can be estimated by station B through a known signal (a frequency domain column vector of dimension n_A) generally referred to as the common pilot channel and here denoted by P_c . The at station B received signal corresponding to this pilot is given by

$$R_d = H_{B,RX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,TX} \cdot P_c, \quad (7)$$

15 and from which the effective channel response $\hat{H}_{A \rightarrow B} = H_{B,RX} H_{CH} H_{A,TX}$ can be estimated. Station A can similarly derive $H_{B \rightarrow A}^T = H_{B,TX} H_{CH}^T H_{A,RX}$. It then transmits from each antenna a pre-multiplied special pilot signal, collectively denoted by a column vector

$$P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot \mathbf{1}_{n_B}, \quad (8)$$

wherein, P_s is an $n_A \times n_A$ diagonal matrix containing n_A individual pilot signals with good 20 auto and cross correlation properties and $\mathbf{1}_{n_B}$ is an all-one column vector of dimension n_B .

The received signal corresponding to this special pilot signal is then given by

$$R_s = H_{B,RX} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,TX} \cdot P_s \cdot H_{A,RX}^H \cdot H_{CH}^H \cdot H_{B,TX}^H \cdot \mathbf{1}_{n_B}, \quad (9)$$

For simplicity, one may assume that $n_B = 1$ (the two stations may agree to use only one antenna in B to calibrate A), then the received signal in the above equation can be written as

$$R_s = H_{B,RX} \cdot H_{B,TX}^H \cdot \sum_{j=1}^{n_A} H_{A,TX}(j,j) \cdot H_{A,RX}^H(j,j) \cdot P_s(j,j) \cdot |H_{CH}(1,j)|^2 \quad (10)$$

Since the transceiver chain's frequency response contains only delay, phase rotation and perhaps a small amplitude variation, $H_{B,RX}$ and $H_{A,TX}$ in Eq. (7) both have unit amplitude.

Therefore $|H_{CH}| = |H_{A \rightarrow B}|$ is known from the common pilot signal P_c and the correction

- 5 term $H_{A,TX}(j,j) \cdot H_{A,RX}^H(j,j)$ for each antenna in station A can be estimated by correlating the received signal R_s with the corresponding pilot signal $P_s(j,j)$. After receiving this correction information from station B, station A can then adjust the transmit and receive chains such that $H_{A,TX}(j,j) \cdot H_{A,RX}^H(j,j)$ are the same for all j . This makes sure that the channels are reciprocal between the antennas at station B and the baseband processor in
- 10 station A. Note that the responses of the transceivers in station B is irrelevant for the purpose of coherently adding the arriving signals at the antennas since they can be estimated and removed before demodulation.

The third embodiment of the invention preferably comprises, as illustrated in the message sequence chart of FIG. 6, the steps of:

- 15 605 (corresponding to step 305): Transmit channel estimation symbols, P . Known channel estimation symbols, preferably the existing common pilot channel, P_c , are transmitted from station B 220 to station A 210 and from station A 210 to station B220.
- 610 (310): Channel estimation.
 $\hat{H}_{B \rightarrow A}$, is estimated at station A 210, and $\hat{H}_{A \rightarrow B}$ at station B 220 according to the above.
- 20 611: Transmit special pilot channel P_s .
 Station A transmits from each antenna a pre-multiplied special pilot signal, $P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot 1_{n_B}$.
- 612: Estimate errors.
 Station B 220 estimate delay, phase and amplitude errors for each of the station A's antennas, based on the received P_c and $P_s \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot 1_{n_B}$. A correction vector comprising correction terms for each antenna in station A is calculated.
- 25

615 (315): Exchange information between stations.

Station B 220 sends the correction vector to station A 210.

620 (320): Calculate channel correction factor.

Station A 210 calculate channel correction factors for each antenna.

5 625 (325): Compensate transmission with channel correction factor.

Station A 210 compensates every transmission to B with the channel correction factors ensuring reciprocity.

A fourth embodiment of the invention, described with references to the signalling scheme of FIG. 7, relates to the cases of SVD (Singular Value Decomposition) based MIMO or TDRF, 10 and utilize a dedicated pilot channel in combination with the existing common pilot channel. The transmit side (station A 210 for example) performs channel matching pre-filtering so that the signals add up coherently when arriving at the antennas of the receive side (station B 220). The received signal at station B is given by $H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot S$, where S is a column vector 15 of dimension n_B containing the data symbols. The pre-filtering function is the complex conjugate of the channel from station B to A and can be estimated by the common pilot channel sent by station B.

In general, known symbols are multiplexed with data symbols so that the effective channel response can be estimated for coherent demodulation. These known symbols are sometimes referred to as dedicated pilot channel and is here denoted by P_d . In combination with the 20 common pilot channel P_c , the dedicated pilot channel will be used to derive the correction vector as will be shown below.

At station B, the received signal corresponding to the dedicated pilot channel is given by

$$R_s = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot P_d \quad (11)$$

Since $H_{A \rightarrow B}$ is known from the common pilot P_c , $H_{B \rightarrow A}^*$ can be estimated from R_s .

25 Therefore

$$\begin{aligned} H_{A \rightarrow B} &= H_{B,Rx} \cdot H_{CH} \cdot H_{A,TX} \\ H_{B \rightarrow A}^* &= H_{A,RX}^H \cdot H_{CH}^H \cdot H_{B,TX}^H \end{aligned} \quad (12)$$

are both known to station B and the correction vector can be generated and reported back to station A as in the previous embodiments.

The fourth embodiment of the invention preferably comprises, as illustrated in the message

5 sequence chart of FIG. 7, the steps of:

705 (corresponding to step 305): Transmit channel estimation symbols, P .

Known channel estimation symbols, preferably the existing common pilot channel, P_c , are transmitted from station B 220 to station A 210 and from station A 210 to station B220.

710 (310): Channel estimation.

10 $H_{B \rightarrow A}$ is estimated at station A 210, and $H_{A \rightarrow B}$ at station B 220 from the pilot channel.

711: Calculate pre-filter.

Station A 210 calculate pre-filter $H_{B \rightarrow A}^*$.

712: Transmit dedicated pilot channel P_d .

Station A transmits dedicated pilot channel P_d multiplied with $H_{B \rightarrow A}^*$, which at station B is

15 received as $R_s = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot P_d$.

713: Estimate correction vector.

$H_{B \rightarrow A}^*$ and $H_{A \rightarrow B}$ are now known by station B 220, and used to estimate a correction vector.

715 (315): Exchange information between stations.

Station B 220 sends the correction vector to station A 210.

20 720 (320): Calculate channel correction factor.

Station A 210 calculate channel correction factors for each antenna.

725 (325): Compensate transmission with channel correction factor.

Station A 210 compensates every transmission to B with the channel correction factors ensuring reciprocity.

The calibration method according to the invention can be utilized, as indicated in the different

5 embodiments, in various wireless systems, as well as in-between various entities (nodes) in the systems. FIG. 8 illustrates various examples of nodes in-between which calibration may take place. The exemplary network 800 comprises a plurality of basestations 805 (both multiple antenna and single antenna), relay stations 810 and mobile stations 815. Calibration may e.g. take place between two relay stations 810 (indicated by arrow 820), between two basestations 805 (arrow 825), between a relay station 810 and a mobile station 815 (arrow 830), between a base station 805 and a mobile station 815 (arrow 835), and between a base station 805 and a relay station 810 (arrow 840). Other combination of radio based nodes for the purpose of calibration according to the invention is also possible. Furthermore, some stations may be equipped with multiple antennas, whereas others have merely single antennas.

10 15 The calibration should be performed in accordance with the specific antenna configuration. Choices of which node to calibrate with may be dictated by selection rules incorporated in the system, e.g. based on link quality, knowledge of calibration accuracy offered by some stations (it may e.g. differ between fixed stations and mobile stations), number of antennas, etc.

It should be emphasised that although the calibration takes place between some pair of 20 stations, the calibrated entities may subsequently communicate with other stations. For instance in coherent combining based cooperative relaying, relay stations may perform calibration with a proximate basestation, and later while communicating relaying signals received on one link (e.g. from a basestation) to a second link (e.g. with a receiving mobile station) the compensation according to the invention and phase compensation derived from 25 channel estimates (see [ref]) is applied that enables signals relayed over different relays to be coherently combined at the receiving entity.

A possible implementation of the calibration method according to the invention is illustrated in FIG. 9, wherein the system is in TDD mode. The calibration method described above may preferably be carried out by two stations that are assigned to opposite transmit/receive time 30 slots. In a cellular system, this means between a base station and a user terminal. However, calibration may, as previously discussed, also take place between nodes that are assigned the

same transmit/receive time slots, e.g. between two basestations. Fig. 9 illustrates an example of calibration procedure in a TDD system between two basestations. In order not to disrupt the ongoing operation, no station should transmit in a time slot originally allocated for receiving. Therefore, a base station can switch to receive mode during a slot originally scheduled for transmission and measure the pilot channels from other base stations.

Illustrated in FIG. 9 are the transmissions between station A and station B, wherein:

- a) In a first transmit time slot TX₁, station B transmits a pilot, P_C , which is received by the station A, which has switched to receive mode. Station A estimates $H_{B \rightarrow A}$.
 - b) In a second transmit time slot TX₂, station A transmits a pilot, P_C , P_d or P_s which is received by the station B, which has switched to receive mode. Station B estimates $H_{A \rightarrow B}$, and possibly $H_{B \rightarrow A}$, and determines a representation of $H_{A \rightarrow B}$ or a correction vector/term.
 - c) In a third transmit timeslot TX₃, station B, in regular transmit mode, transmits the correction vector to station A, which has switched to receive mode. Station A adjusts the transceivers accordingly.
- 15 The calibration transmission does not need to occur in adjacent TX-slots, and calibration process may involve additional transmissions that is not depicted in FIG. 9.

- Utilising the method of calibration according to the invention it is possible to compensate transmissions so that the communication channels between two radio nodes in a wireless network are reciprocal. The presented embodiments offer methods of performing the calibration process in very efficient ways, ensuring that valuable radio resources are not wasted on unnecessary signalling. The reciprocity achieved by the inventive calibration process makes it possible to fully exploit the capacity gains afforded by features such as space-time coding used in the newly developed radio communication systems e.g. MIMO, TDRF and coherent combining based cooperative relaying.
- 25 The method according to the present invention is preferably implemented by means of program products or program module products comprising the software code means for performing the steps of the method. The program products are preferably executed on a

plurality of radio nodes within a network. The program is distributed and loaded from a computer usable medium, such as a floppy disc, a CD, or transmitted over the air, or downloaded from Internet, for example.

As demonstrated, and exemplified in the different embodiments, the present invention

- 5 provides a method and radio nodes that makes it possible to use channel reciprocity, in that it compensates for inaccuracies and differences in transmit receive chains.

The described methods have the additional advantage that it can be used for relative calibration between stations that can not or do not communicate. A typical example is coherent combining based cooperative relaying.

- 10 While the invention has been described in connection with what is presently considered to be the most practical and preferred embodiments, it is to be understood that the invention is not to be limited to the disclosed embodiments, on the contrary, is intended to cover various modifications and equivalent arrangements as defined by the appended claims.

CLAIMS:

1. A method of calibrating a transmitting part of a node in a wireless communication network, which communication network comprises at least a first radio node and a second radio node which can be arranged to be in radio communication with each other, and wherein at least one radio node receives radio signals from multiple antennas, said calibration method comprises the steps of
 - transmitting (605, 705) first pilots signals both from the first radio node to the second radio node and from the second radio node to the first radio node;
 - determining (610, 710) in the second radio node a first estimate of the channel characteristics from the first radio node to the second radio node, and in the first radio node determining a second estimate of the channel characteristics from the second radio node to the first radio node, said determining based on respective received first pilot signals;
 - calculating at least one *channel correction factor* in the first radio node based on the first and second channel estimates,the calibration method characterised by the steps of:
 - transmitting (611, 711-712) a modified second pilot signal from the first radio node to the second radio node, said modification based on the second channel estimate;
 - estimating transmission errors (612, 713) in the second radio node, said estimation based on the first channel estimate and the received second pilot signal and calculating a correction vector with correction terms for each of the multiple antennas based on the transmission errors;
 - exchanging (615, 715) the correction vector from the second radio node to the first radio node; andin that the step of calculating correction factors (620, 720) comprises calculating one correction factor for each antenna, the correction factors are based at least partly on the respective correction terms in the correction vector, said correction factors adapted for use in transmissions from the first radio node to the second radio node.
2. Calibration method according to claim 1, wherein the calibration method is initiated in predetermine time intervals.
3. Calibration method according to claim 1, wherein the calibration method is initiated as a response of a measure of communication quality being below a predetermined threshold value.

4. Calibration method according to any of claims 1 to 3, wherein the modification of the second pilot signal comprises a multiplication of a pilot signal with the complex conjugate of the second channel estimate.

5. Calibration method according to any of claims 1 to 4, wherein the correction vector is exchanged in the form of a compact representation of the correction vector.

6. Calibration method according to any of claims 1 to 5, wherein the first radio node (A) is provided with n_A antennas and the second radio node (B) is provided with n_B antennas and wherein at least the first radio node has at least two antennas, wherein
 -in the first transmitting step (605) the first pilot signals, P_c , are column vectors;
 -in the determining step (610) a first estimate, $\hat{H}_{A \rightarrow B}$, of the channel characteristics from the first radio node to the second radio node is calculated in the second radio node, and a second channel estimate $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ of the channel characteristics from the second radio node to the first radio node is calculated in the first radio node;
 -in the second transmitting step (611) the second pilot, P_s , is pre-multiplied according to:

$$P_s \cdot \hat{H}_{B \rightarrow A}^* \cdot 1_{n_B},$$

which at the second radio node will be received as R_s , and wherein $\hat{H}_{B \rightarrow A}^*$ is the complex conjugate of the second channel estimate, P_s is an $n_A \times n_A$ diagonal matrix containing n_A individual pilot signals and 1_{n_B} is an all-one column vector of dimension n_B ;

-in the estimating step (612) the correction vector is calculated based on R_s and $H_{A \rightarrow B}$, and comprises error corrections terms for each of the first radio node's antennas; and

-in the calculating step (620) channel correction factors for each antenna are calculated based on the correction vector.

7. Calibration method according to any of claims 1 to 5, wherein the first radio node (A) is provided with n_A antennas and the second radio node (B) is provided with n_B antennas and wherein at least the first radio node has at least two antennas, wherein the radio communication is based on Singular Value Decomposition (SVD), and
 -in the first transmitting step (705) the first pilot signals, P_c , are column vectors;
 -in the determining step (610) a first estimate, $\hat{H}_{A \rightarrow B}$, of the channel characteristics from the first radio node to the second radio node is calculated in the second radio node, and a second channel estimate $\hat{H}_{B \rightarrow A}$ of the channel characteristics from the

second radio node to the first radio node is calculated in the first radio node;
 -in the second transmitting step (611) the second pilot, P_d , is pre-multiplied with a pre-filter, $H_{B \rightarrow A}^*$, which is the complex conjugate of the second channel estimate, which as the second radio node will be received as

5 $R_s = H_{A \rightarrow B} \cdot H_{B \rightarrow A}^* \cdot P_d;$

-in the estimating step (713) the correction vector is calculated in the second node and based on $H_{B \rightarrow A}^*$ and $H_{A \rightarrow B}$, wherein $H_{A \rightarrow B}$ is estimated from the first pilot signal and $H_{B \rightarrow A}^*$ is estimated from R_s ; and

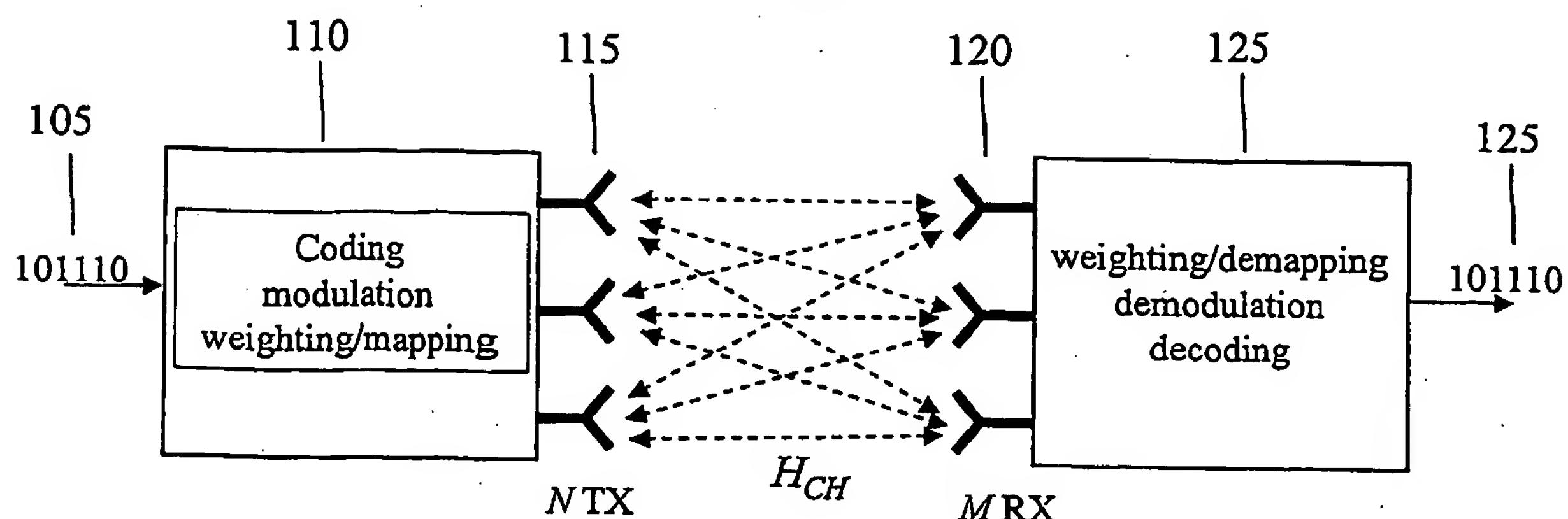
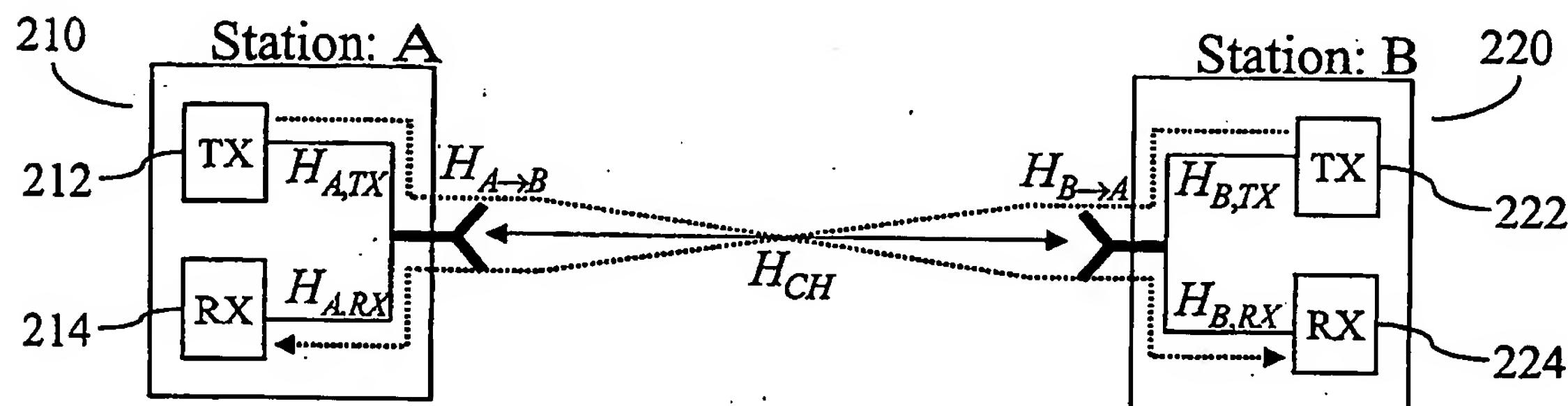
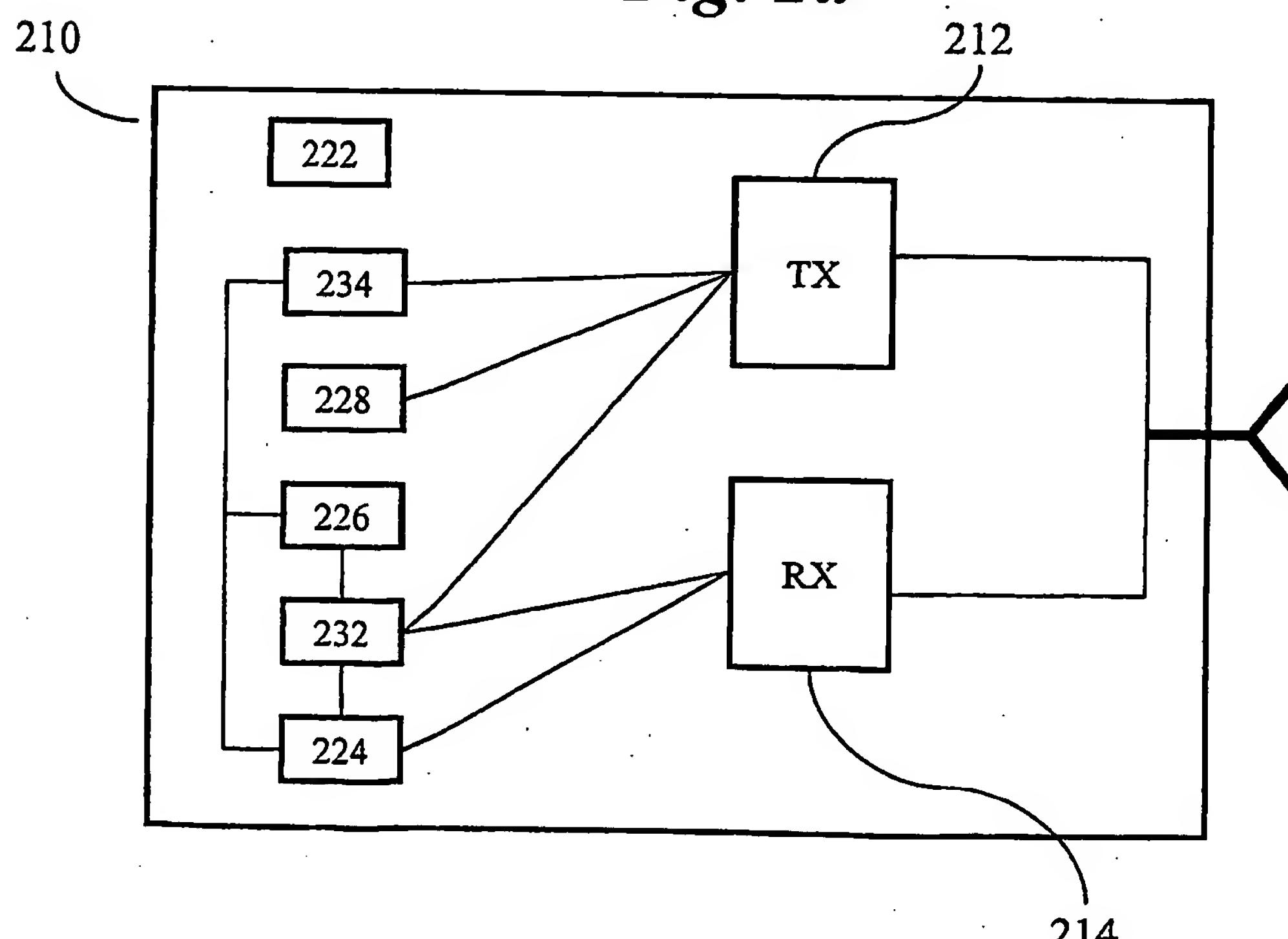
10 - in the calculating step (720) channel correction factors for each antenna are calculated based on the correction vector.

- 8. Calibration method according to any of claims 1 to 7, wherein the correction vector comprises representation of either delay-errors, phase-errors or amplitude-errors, or a combination of these errors.
- 9. Calibration method according to any of claims 1 to 8, wherein a first part of the step of transmitting channel estimation symbols is performed in a first transmit time slot TX₁, wherein the second radio node transmits a pilot, P_C , which is received by the first radio node, which is in a receive mode; and
 15 a second part of the step of transmitting channel estimation symbols is performed in a second transmit time slot TX₂, wherein the first radio node transmits a pilot, P_C , P_d or P_s which is received by the second radio node, which is in a receive mode.
- 10. Calibration method according to claim 9, wherein the step of exchanging information between radio nodes is performed in a third transmit timeslot TX₃, wherein the second radio node is in regular transmit mode and transmits information on the radio channel to the first radio node, which is in receive mode.
- 25 11. Calibration method according to claim 10, wherein the first radio node estimates the radio channel from the second radio channel to the first radio node, $H_{B \rightarrow A}$, in the first transmit time slot TX₁.
- 12. Calibration method according to claim 10 or 11, wherein the second radio node estimates the radio channel from the first radio channel to the second radio node,
 30 $H_{A \rightarrow B}$ in the second transmit time slot TX₂.

13. Calibration method according to claim 12, wherein the second radio node further estimates a correction vector or correction term in the second transmit time slot TX₂.
14. Calibration method according to any of claims 10 to 13, wherein the step of calculating correction factor or factors in the first radio node is performed in the third transmit timeslot TX₃.
5
15. A communication system (800) for wireless communication, the system comprising at least a first radio node and a second radio node which can be arranged to be in radio communication with each other, said communication system characterised in that the at least the first radio node is calibrated with the aid of the second radio node by the use of the calibration method according to any of claims 1 to 14.
10
16. The communication system according to claim 15, wherein the at least one of the radio nodes of the system utilizes a multiantenna configuration as adapted for MIMO- based communication.
17. A radio node adapted for wireless communication in a wireless network (800), which network comprises at least one further radio node, the radio node comprises:
15
-an exchanging module (232) adapted for receiving at least one first radio channel estimate from at least the further radio node;
-a channel estimating module (224) adapted for producing a second radio channel estimate from a radio signal received by the radio node;
-a calculating module (226) adapted for calculating a correction vector/term or a representation of a radio channel estimates based on the received first radio channel estimate and the second radio channel estimate; and
-a compensating module (234) for compensating radio transmissions from the radio node with at least one correction factor which is at least partly based on the calculated calibration,
20
and is characterised by:
-a pilot transmitting module (228) adapted for controlling the transmission of first pilot signal and a second pilot signal, wherein the second pilot signal is modified with the second radio channel estimate.
25

18. The radio node according to claim 17, wherein the radio node further comprises means for initiating a calibration process, said initiating means adapted to initiate the calibration process in predetermine time intervals.
19. The radio node according to claim 17, wherein the radio node further comprises means for initiating a calibration process, said initiating means adapted to initiate the calibration process as a response of a measure of communication quality being below a predetermined threshold value.
5
20. The radio node according to any of claims 17 to 19, wherein the radio node utilizes a multiantenna configuration.
- 10 21. The radio node according to any of claims 17 to 20, wherein the radio node is a mobile station (815).
22. The radio node according to any of claims 17 to 20, wherein the radio node is a radio base station (805).
- 15 23. The radio node according to any of claims 17 to 20, wherein the radio node is a relay station (810).

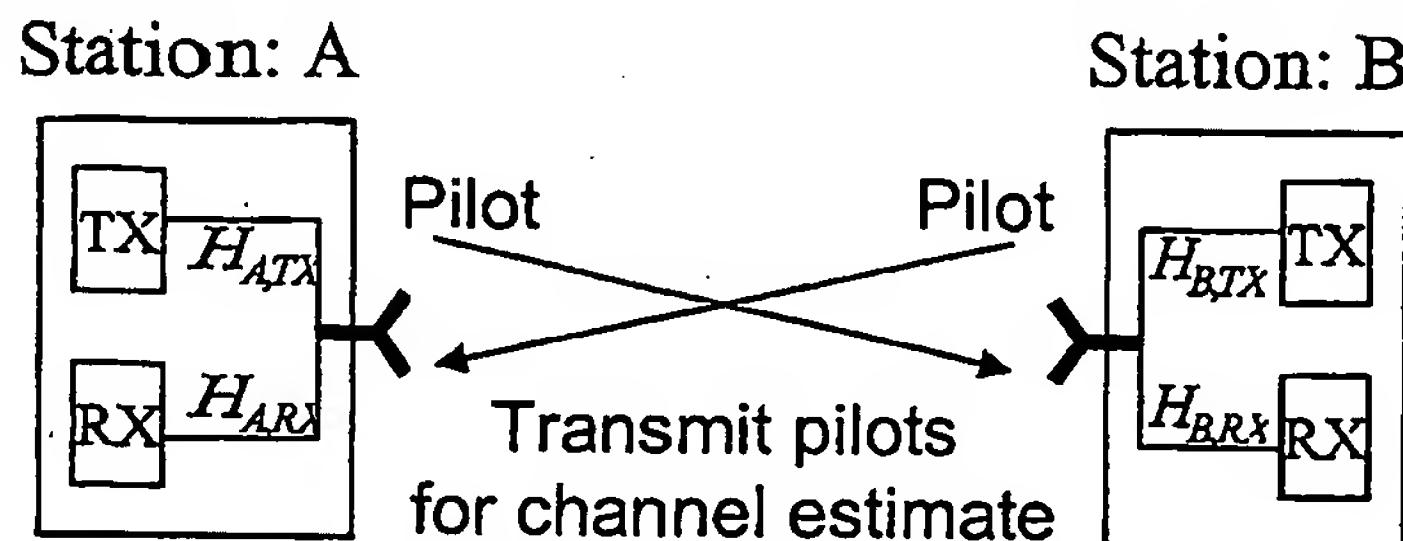
1/7

*Fig. 1 (Prior Art)**Fig. 2a**Fig. 2b*

300

Initiate calibration

305



310

Estimate: H_{BA} Estimate: H_{AB}

315

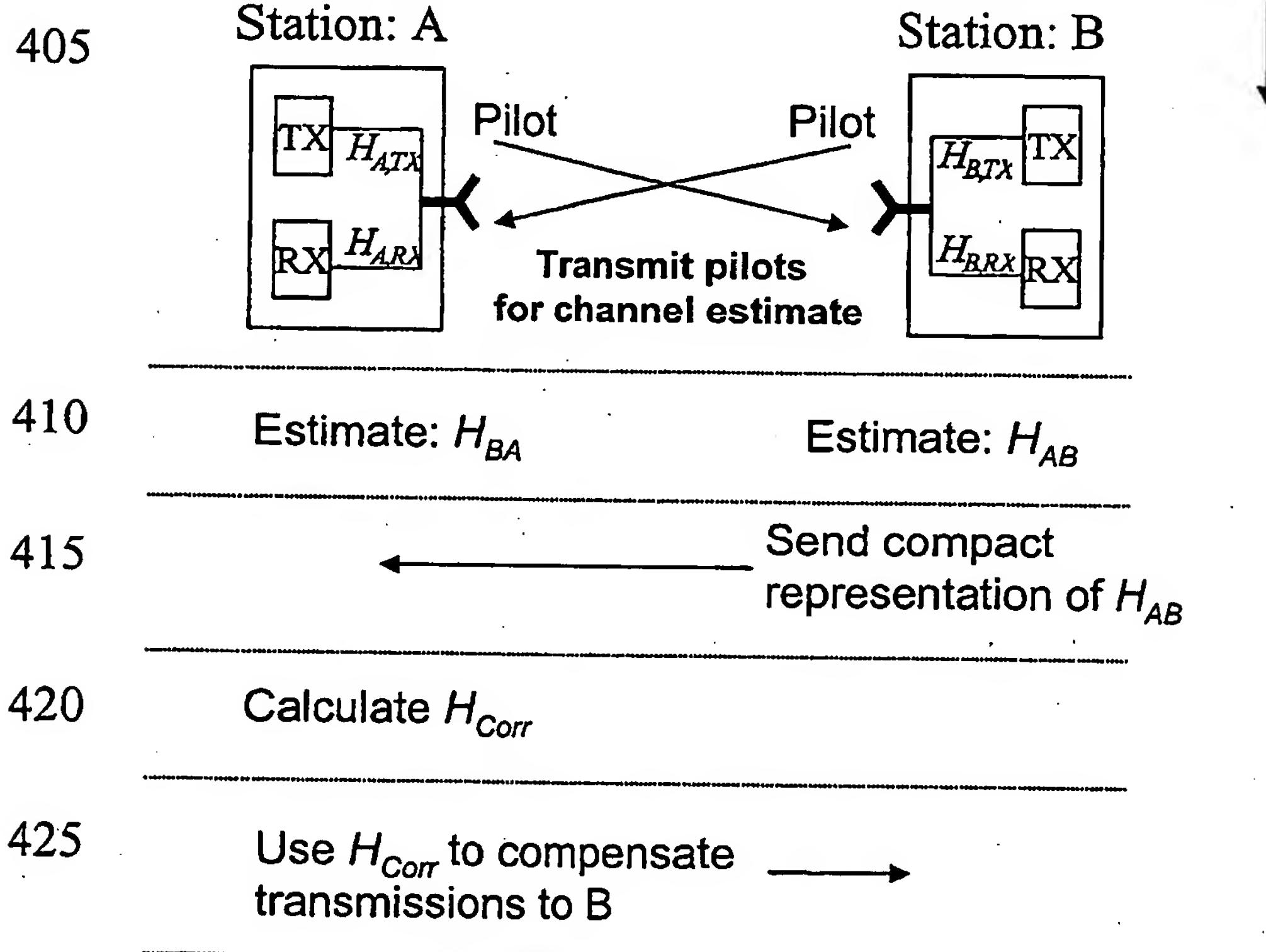
Send information
of estimate H_{AB}

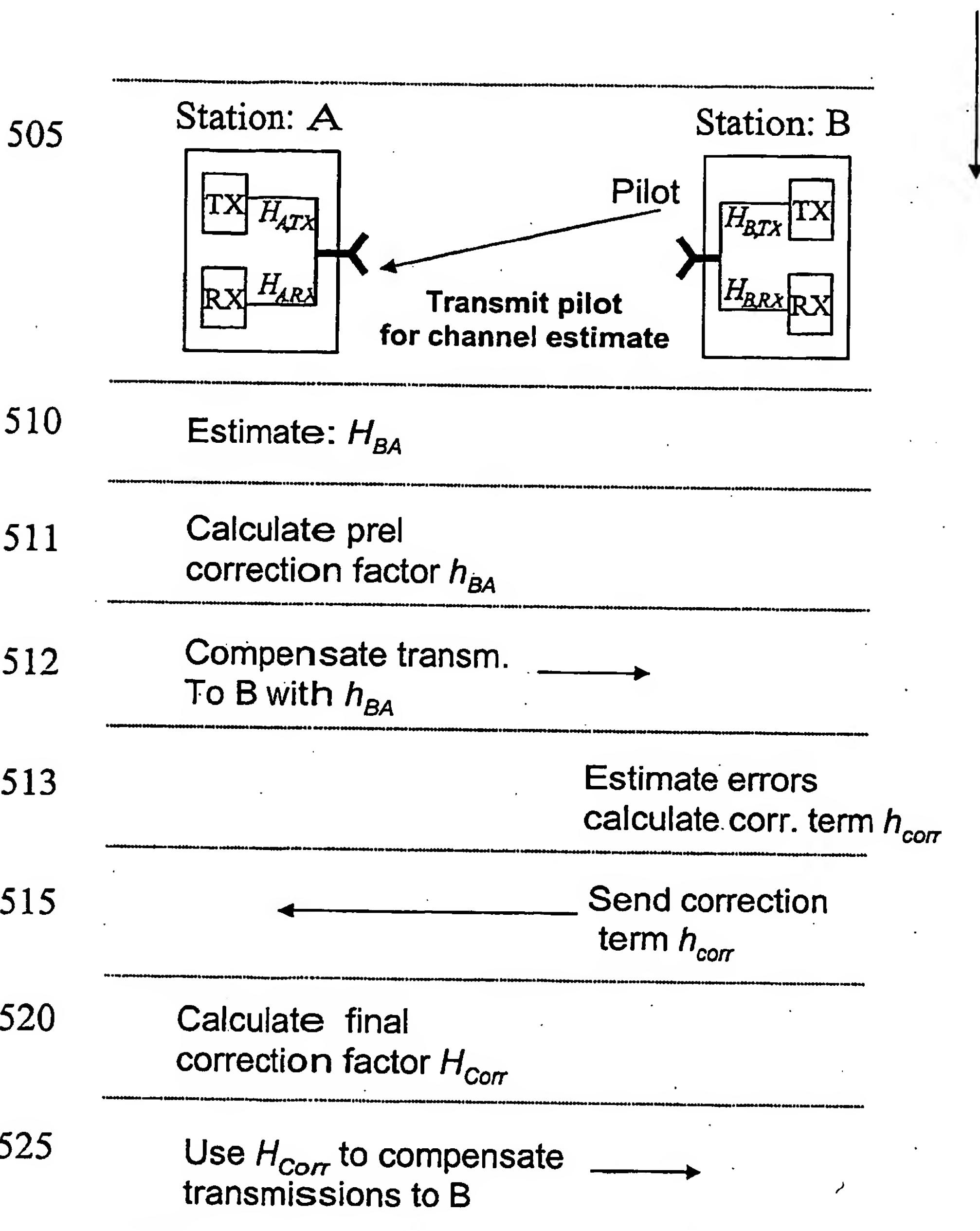
320

Calculate correction

325

Use correction for
transmissions to B*Fig. 3*

*Fig. 4*

*Fig. 5*

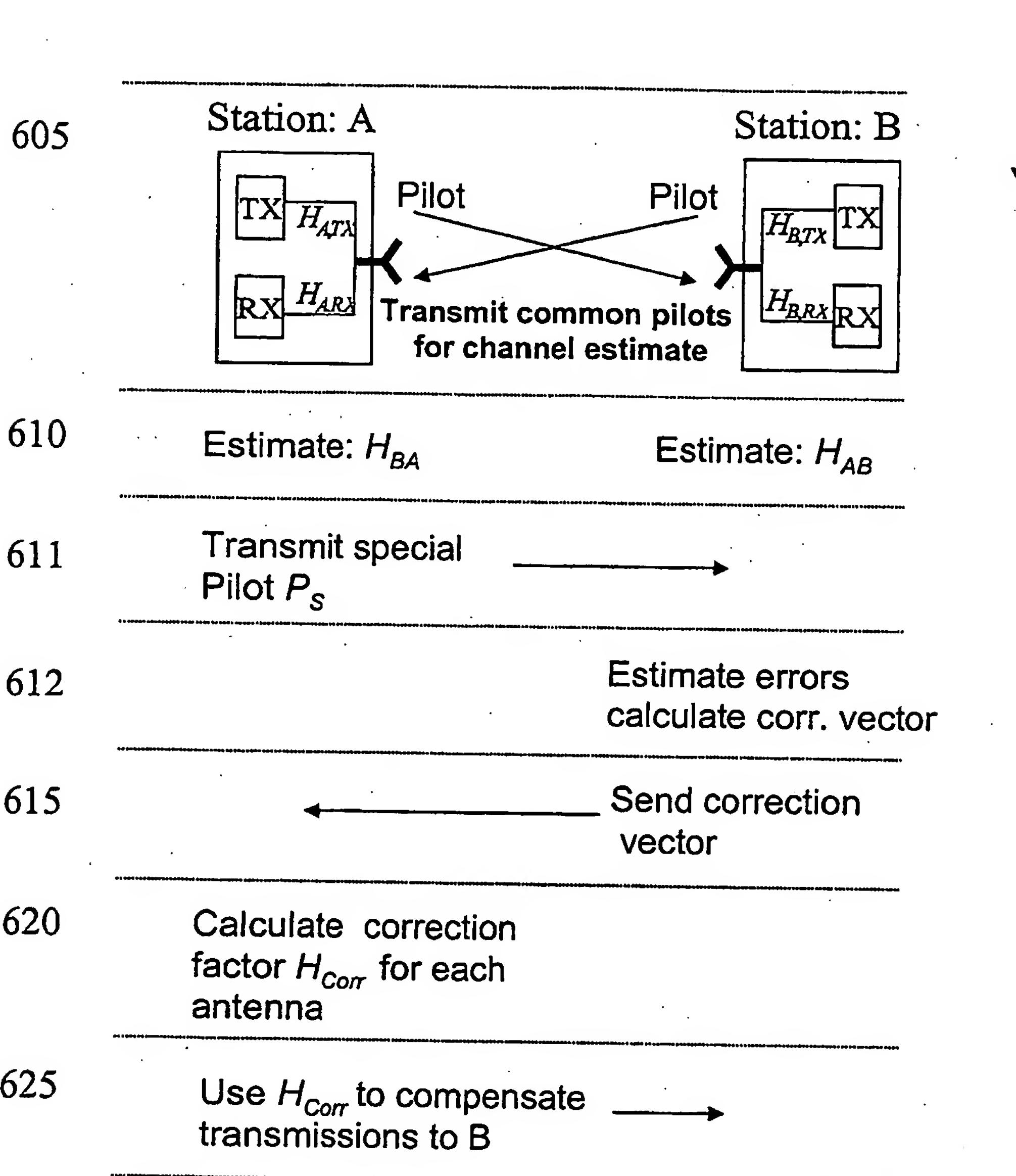
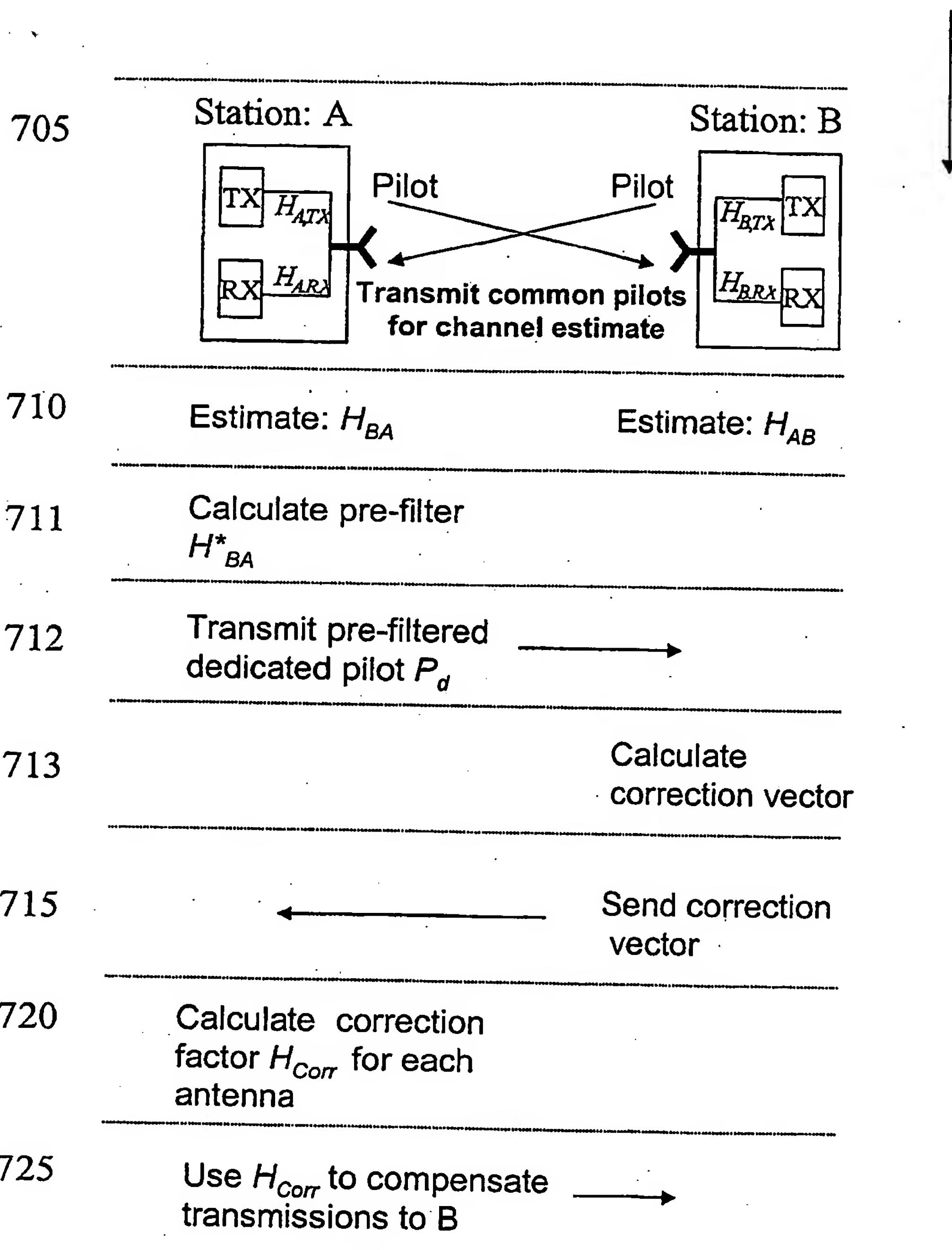
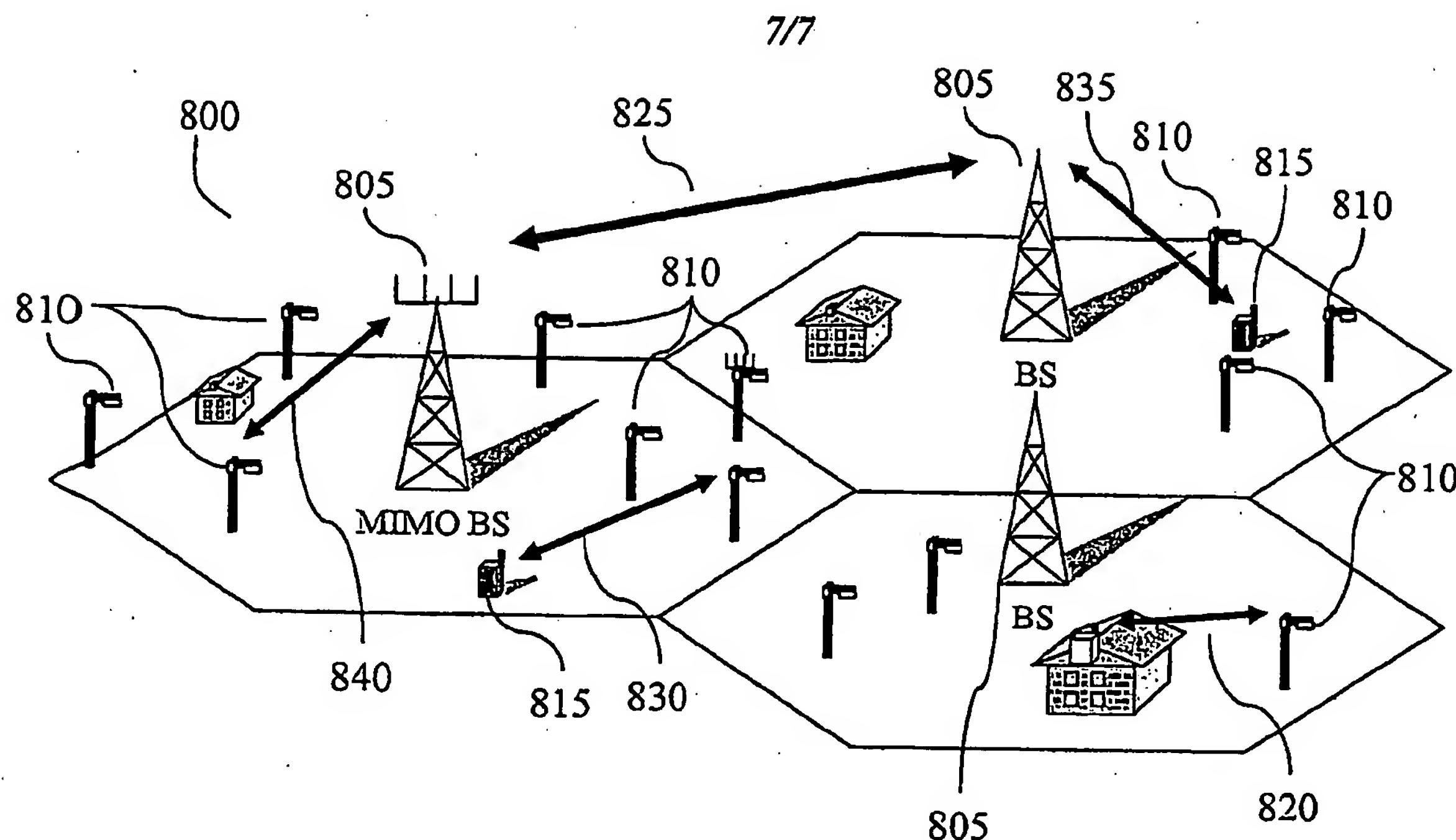
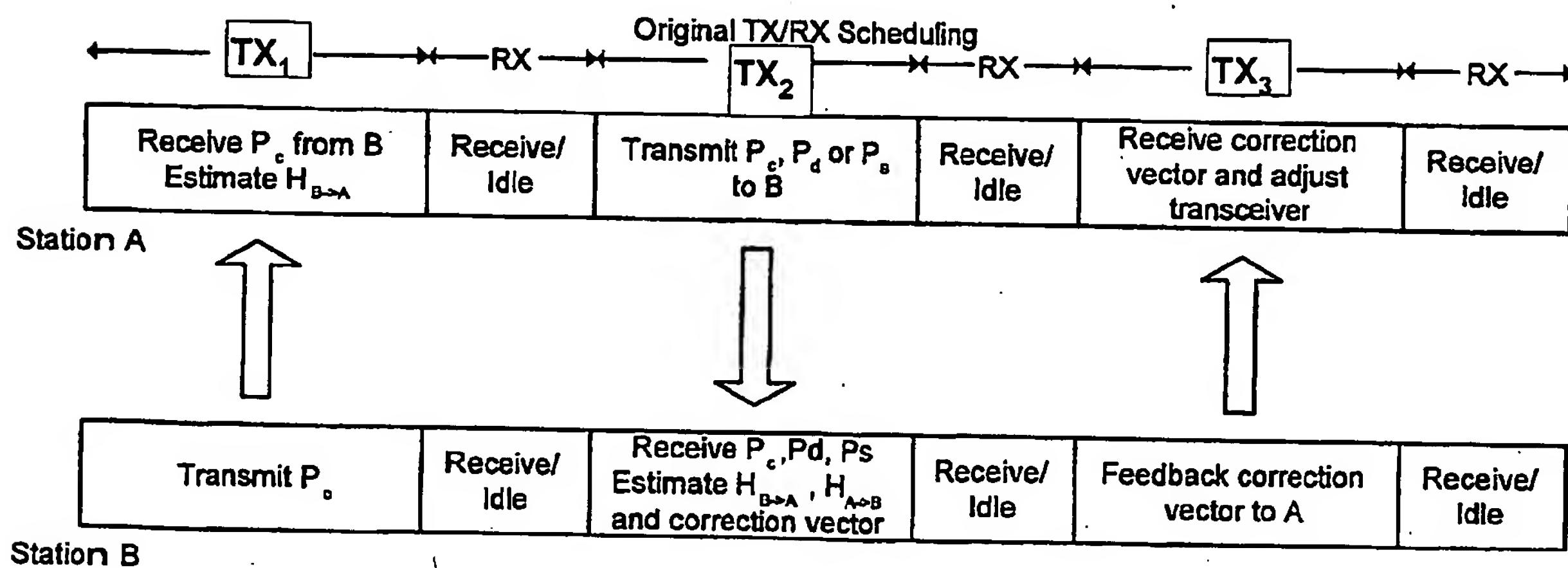


Fig. 6

*Fig. 7*

*Fig. 8**Fig. 9*